

**CARINA APARECIDA TARDELLI PEIXOTO**

**EFEITOS DA PRESENÇA DE ENERGIA ELÉTRICA NAS  
RESIDÊNCIAS SOBRE A RITMICIDADE CIRCADIANA DE  
ADOLESCENTES.**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Fisiologia, pelo Curso de Pós-Graduação em Biologia Celular e Molecular, do Setor de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Fernando Mazzilli  
Louzada

**CURITIBA  
2007**

### ***Dedicatória***

***Ao meu marido Paulo, o companheiro, o amigo e o amor que me trouxe força, luz, alegria e paz. Por ser tão importante na minha vida, pelo seu carinho, por sua compreensão, sua paciência e, principalmente, pelo amor que existe entre nós.***

## **Agradecimentos**

*Ao meu orientador Prof. Dr. Fernando Mazzilli Louzada, por ter acreditado em mim desde o início, pelo exemplo profissional, pela dedicação e pelo entusiasmo que transmitiu no decorrer desse estudo.*

*Aos adolescentes que participaram da pesquisa e à direção da Escola Municipal João Gonçalves de Almeida, pelo apoio fundamental para a realização deste trabalho.*

*Aos professores da Pós - Graduação em Biologia Celular e Molecular por contribuírem com minha formação científica.*

*À Magda Bignotto, pela realização da análise de radioimunoensaio das amostras de saliva.*

*A Deus, pelo amor que tem por todos nós, por todas as portas abertas, por me guiar e tornar possível a realização dos meus projetos.*

*À minha mãe, Terezinha, que me acompanhou em todos os momentos, dando-me forças em todos os momentos difíceis, e principalmente pelo amor incondicional de mãe, e ao meu pai, Osmar, que também esteve no início de tudo e que não está mais entre nós para compartilhar a alegria desse momento.*

*Às minhas irmãs Márcia, Marta e Camila e aos meus sobrinhos Pedro Gabriel, Pedro Guilherme e Nathália, pelas alegrias, pelo carinho, pela torcida e por toda energia positiva que me passam sempre.*

*Aos colegas Adeline, André, Bruno, Eduarda, Janaína, Fabiano e Gustavo, pela colaboração nas coletas de dados deste projeto, e à Alessandra, Aline, Anna Lígia, Felipe e Guto, pelo convívio agradável durante esses dois anos.*

*À Prof. Dra. Marisa Fernandes de Castilho, pelo apoio inicial e por ter tornado minha estadia mais aconchegante em Curitiba.*

*Ao serviço de transporte da UFPR, pelo apoio durante a realização das coletas.*

*Ao CNPq pelo financiamento do projeto e a Capes pela concessão da bolsa de estudo.*

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE QUADROS E TABELAS .....</b>	<b>i</b>
<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>ii</b>
<b>LISTA DE SIGLAS E SÍMBOLOS .....</b>	<b>v</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>vi</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>vii</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1 CARACTERÍSTICAS DOS RITMOS BIOLÓGICOS.....	1
1.2 ONTOGÊNESE DO CICLO VIGÍLIA/SONO.....	3
1.3 REGULAÇÃO DO CICLO VIGÍLIA/SONO.....	5
1.4 AVALIAÇÃO DA FASE CIRCADIANA.....	6
1.5 MODIFICAÇÕES DO CICLO VIGÍLIA/SONO NA ADOLESCÊNCIA .....	8
1.6 CONSEQUÊNCIAS DA INSUFICIÊNCIA DE SONO EM ADOLESCENTES .....	10
1.7 EFEITOS DA LUZ NO RITMO DE SECREÇÃO DA MELATONINA .....	13
<b>2 OBJETIVOS .....</b>	<b>19</b>
2.1 OBJETIVO GERAL .....	19
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	19
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>20</b>
3.1 COLETA DE DADOS .....	21
3.1.1 Grupos de coleta .....	22
3.1.2 Características da população .....	23
3.1.3 Classificação Sócio – Econômica.....	28
3.1.4 Ciclo Vigília/Sono .....	30
3.1.5 Melatonina Salivar .....	31
3.1.6 Intensidade Luminosa.....	32
3.2 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	33
<b>4 RESULTADOS.....</b>	<b>36</b>
4.1 INTENSIDADE LUMINOSA.....	36
4.2 CICLO VIGÍLIA/SONO .....	37

4.3 MELATONINA COMO MARCADOR CIRCADIANO.....	43
<b>5 DISCUSSÃO .....</b>	<b>48</b>
5.1 DIFICULDADES APRESENTADAS NA OBTENÇÃO DOS DADOS E LIMITAÇÕES DO ESTUDO .....	54
5.2 PERSPECTIVAS.....	55
<b>6 CONCLUSÕES .....</b>	<b>57</b>
<b>7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>58</b>
<b>8 APÊNDICES .....</b>	<b>67</b>
<b>9 ANEXOS .....</b>	<b>71</b>

## **LISTA DE QUADROS**

QUADRO 1 - PERÍODO EM QUE AS COLETAS FORAM REALIZADAS EM 2005 .....	22
QUADRO 2 - CLASSIFICAÇÃO ECONÔMICA DOS ADOLESCENTES .....	28
QUADRO 3 - QUANTIDADE DE ELETRODOMÉSTICOS E ELETROELETRÔNICOS QUE AS FAMÍLIAS COM (n=26) E SEM ENERGIA ELÉTRICA (n=11) POSSUÍAM .....	29
QUADRO 4 – GRAU DE INSTRUÇÃO DO CHEFE DE FAMÍLIA DAS RESIDÊNCIAS COM (n=26) E SEM ENERGIA ELÉTRICA (n=11) .....	29
QUADRO 5 – INTENSIDADE LUMINOSA NAS RESIDÊNCIAS COM E SEM ENERGIA ELÉTRICA DURANTE A NOITE .....	33
QUADRO 6 – VARIÁVEIS DEPENDENTES (RESPOSTAS) OBTIDAS .....	34
QUADRO 7 – VARIÁVEIS INDEPENDENTES (FATORES) OBTIDAS .....	35
QUADRO 8 – RELAÇÕES ENTRE AS VARIÁVEIS ANALISADAS .....	35
QUADRO 9 – INTENSIDADE LUMINOSA REGISTRADA DURANTE AS COLETAS DE SALIVA .....	36
QUADRO 10 – PADRÕES DO SONO DOS 37 ADOLESCENTES .....	40

## **LISTA DE TABELAS**

TABELA 1 – IDADE MÉDIA DOS ADOLESCENTES .....	24
TABELA 2 – HORÁRIO DE DORMIR, DE ACORDAR E DO INÍCIO DE SECREÇÃO DA MELATONINA OBTIDOS PARA OS QUATRO GRUPOS ...	44

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – NÚMERO DE PESSOAS QUE CONSTITUÍAM AS FAMÍLIAS DOS ADOLESCENTES.....	25
FIGURA 2 - NÚMERO DE PESSOAS QUE DIVIDIAM O DORMITÓRIO COM O ADOLESCENTE .....	25
FIGURA 3 – MEIO DE LOCOMOÇÃO QUE OS ALUNOS UTILIZAVAM PARA IR À ESCOLA .....	26
FIGURA 4 – MANEIRA PELA QUAL OS ADOLESCENTES DESCREVIAM ACORDAR DURANTE OS DIAS LETIVOS.....	26
FIGURA 5 – MANEIRA PELA QUAL OS ADOLESCENTES DESCREVIAM ACORDAR DURANTE O FIM DE SEMANA.....	27
FIGURA 6 - MÉDIAS DOS HORÁRIOS DE DORMIR DOS 5 DIAS CONSECUTIVOS DOS ADOLESCENTES DO TURNO NOTURNO DE ACORDO COM A IDADE.....	41
FIGURA 7 – MÉDIAS DOS HORÁRIOS DE DORMIR DOS 5 DIAS CONSECUTIVOS DOS ADOLESCENTES DO TURNO MATUTINO DE ACORDO COM A IDADE.....	42
FIGURA 8 – DLMO DOS 23 ADOLESCENTES.....	45
FIGURA 9 – ÂNGULO DE FASE DOS QUATRO GRUPOS.....	46
FIGURA 10 – DLMO, HORÁRIO DO INÍCIO E FINAL DO SONO DOS QUATRO GRUPOS .....	47
FIGURA 11 – ACTOGRAMA DO SUJEITO 1 .....	83

FIGURA 12 – ACTOGRAMA DO SUJEITO 3 .....	84
FIGURA 13 – ACTOGRAMA DO SUJEITO 5 .....	84
FIGURA 14 – ACTOGRAMA DO SUJEITO 6 .....	85
FIGURA 15 – ACTOGRAMA DO SUJEITO 8 .....	85
FIGURA 16 – ACTOGRAMA DO SUJEITO 9 .....	86
FIGURA 17 – ACTOGRAMA DO SUJEITO 12 .....	86
FIGURA 18 – ACTOGRAMA DO SUJEITO 13 .....	87
FIGURA 19 – ACTOGRAMA DO SUJEITO 14 .....	87
FIGURA 20 – ACTOGRAMA DO SUJEITO 16 .....	88
FIGURA 21 – ACTOGRAMA DO SUJEITO 17 .....	88
FIGURA 22 – ACTOGRAMA DO SUJEITO 20 .....	89
FIGURA 23 – ACTOGRAMA DO SUJEITO 21 .....	89
FIGURA 24 – ACTOGRAMA DO SUJEITO 23 .....	90
FIGURA 25 – ACTOGRAMA DO SUJEITO 24 .....	90
FIGURA 26 – ACTOGRAMA DO SUJEITO 25 .....	91
FIGURA 27 – ACTOGRAMA DO SUJEITO 26 .....	91
FIGURA 28 – ACTOGRAMA DO SUJEITO 27 .....	92
FIGURA 29 – ACTOGRAMA DO SUJEITO 28 .....	92
FIGURA 30 – ACTOGRAMA DO SUJEITO 31 .....	93
FIGURA 31 – ACTOGRAMA DO SUJEITO 32 .....	93
FIGURA 32 – ACTOGRAMA DO SUJEITO 33 .....	94



FIGURA 33 – ACTOGRAMA DO SUJEITO 34 .....	94
FIGURA 34 – ACTOGRAMA DO SUJEITO 35 .....	95
FIGURA 35 – ACTOGRAMA DO SUJEITO 36 .....	95
FIGURA 36 – ACTOGRAMA DO SUJEITO 38 .....	96
FIGURA 37 – ACTOGRAMA DO SUJEITO 39 .....	96
FIGURA 38 – ACTOGRAMA DO SUJEITO 40 .....	97
FIGURA 39 – ACTOGRAMA DO SUJEITO 41 .....	97
FIGURA 40 – ACTOGRAMA DO SUJEITO 43 .....	98
FIGURA 41 – ACTOGRAMA DO SUJEITO 44 .....	98
FIGURA 42 – ACTOGRAMA DO SUJEITO 46 .....	99
FIGURA 43 – ACTOGRAMA DO SUJEITO 47 .....	99
FIGURA 44 – ACTOGRAMA DO SUJEITO 48 .....	100
FIGURA 45 – ACTOGRAMA DO SUJEITO 49 .....	100
FIGURA 46 – ACTOGRAMA DO SUJEITO 51 .....	101
FIGURA 47 – ACTOGRAMA DO SUJEITO 52 .....	101

## **LISTA DE SIGLAS**

CE – Claro/Escuro

CRF – Curva de Resposta Dependente de Fase

CVS – Ciclo Vigília/Sono

DLMO – Horário do Início de Secreção de Melatonina

GCMS – Cromatografia Gasosa/ Espirometria de Massa

NSQ – Núcleos Supraquiasmáticos

PR - Paraná

PVN – Núcleo Paraventricular

PVT – Teste de Vigilância Psicomotora

SNC – Sistema Nervoso Central

SWA – Atividade de Ondas Lentas

TR – Tempo de Reação

UFPR – Universidade Federal do Paraná

UNIFESP – Universidade Federal de São Paulo

## **LISTA DE SÍMBOLOS**

$\tau$  – Período Endógeno

$\psi$  – Ângulo de Fase

## RESUMO

O ciclo claro/escuro é o mais potente sincronizador circadiano para a espécie humana. Alterações nos estímulos fóticos são capazes de promover modificações na expressão dos ritmos biológicos. O projeto teve como objetivo estudar a ritmicidade circadiana de adolescentes com e sem energia elétrica na sua residência. O presente estudo foi realizado com um grupo de 37 estudantes (20 do turno matutino e 17 do noturno) de uma escola da área rural da cidade de Adrianópolis-PR. Destes, 11 não possuíam energia elétrica na sua residência (5 do turno matutino e 6 do noturno). Para obtenção de informações sobre o ciclo vigília/sono, os adolescentes preencheram um diário de sono e utilizaram actímetros de pulso. Como marcador de fase circadiana foi utilizada a melatonina salivar. Amostras de saliva foram coletadas, a partir das 19h15min até 22h15min, a cada 30 min, para acessar o horário do início da secreção de melatonina. Os níveis de melatonina na saliva de 23 adolescentes foram obtidos através da técnica de radioimunoensaio. Os dados do CVS (ciclo vigília/sono) foram comparados através do ANOVA e mostraram um efeito significativo da presença de energia elétrica nas residências sobre os horários de dormir dos adolescentes, durante os dias letivos. Os estudantes com energia elétrica nas suas residências apresentaram horários de dormir mais tardios quando comparados com aqueles que não possuíam energia elétrica. Para o fator turno, a análise de variância mostrou diferenças significativas entre os horários de dormir, de acordar e na duração do sono dos adolescentes durante os dias letivos. No fim de semana, esse efeito só foi observado na duração do sono. Para a DLMO os resultados obtidos através da interpolação apresentaram uma tendência para o atraso dos horários do início de secreção de melatonina dos adolescentes com energia elétrica. Nossos resultados corroboram a idéia de que os padrões de sono são influenciados por tecnologias presentes na sociedade contemporânea.

## **ABSTRACT**

Artificial light has an influence upon contemporary humans, which can exert a control on their light-dark cycle since they are able to produce artificial light equivalent to daytime levels during solar darkness. The aim of this project was to study the expression of the circadian rhythmicity in adolescents attending the same school, but experiencing rather different stimuli - with and without electric lighting - at home. A group of 37 adolescents living in a rural area of Adrianopolis - Paraná State, participated in the study. Twenty students attended morning school classes and 17 attended evening school classes of the same school. Eleven adolescents had not electric lighting at home, 5 of them attended morning school classes and 6 attended evening school classes. The adolescents completed a sleep log and wore an actigraph on their wrist. The time of dim light melatonin onset (DLMO) was used as circadian marker. Saliva samples were collected every half hour, from 7:15 pm to 10:15 pm, to assess DLMO. Samples were collected in dim light (<10lux) by chewing on polyester swab salivettes devices. Melatonin concentration in the saliva of 23 adolescents was determined using a direct radioimmunoassay. The data were compared by ANOVA and showed a significant effect of school schedule on all sleep variables during school days. During weekends, this effect was only seen on sleep duration. ANOVA also showed a significant effect of electric lighting at home on sleep onset during school days, which was earlier for children who lived without electricity. Post-hoc comparisons indicated a significant difference on sleep onset between adolescents who attended morning school classes. For DLMO, we observed a trend to a delay in the groups which had electric lighting at home, when compared to the two groups without electric lighting at home. Our data support the idea that technological advances contribute to change the sleep patterns on contemporary society. Electric lighting at home and subsequent lifestyle changes may be factors related to sleep phase delay and partial sleep deprivation.

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 CARACTERÍSTICAS DOS RITMOS BIOLÓGICOS

Ritmos são evidentes na maioria das espécies. Praticamente todos os seres vivos mostram um tipo de oscilação em seu comportamento, seja no sentido mais amplo das relações que esses organismos mantêm com seus ambientes, seja no sentido mais restrito da regulação das suas funções orgânicas. Assim, se um ambiente oscila, uma espécie, para se adaptar a ele, precisa oscilar também, e a adaptação temporal consiste na harmonização entre a ritmicidade biológica e os ciclos ambientais (MARQUES & MENNA-BARRETO, 2003).

Pode-se definir ritmo como um processo que varia periodicamente no tempo, onde o período seria o intervalo de tempo em que um ciclo se completa. Muitos ritmos biológicos são associados a um ciclo geofísico. Destes, o mais evidente é o ciclo claro/escuro (CE), importante para todas as espécies que possuem algum tipo de pigmento fotossensível.

Os valores de uma variável rítmica podem passar pelo mesmo nível pelo menos duas vezes em um mesmo ciclo, uma vez aumentando e outra diminuindo numa escala definida, cujos valores da variável determinam a amplitude da oscilação. Cada um desses valores representa um estado de um processo ou de um ciclo ambiental, e definem uma fase.

A maioria das funções do corpo humano variam ao longo de 24 horas. Essas variações, que se repetem com periodicidade de 20 a 28 horas, são denominadas de ritmos circadianos. Entretanto, nem todos os ritmos são circadianos. Nos organismos, os ritmos biológicos podem se manifestar em diferentes frequências, que vão de milissegundos até anos. Estes ritmos podem ser agrupados em: infradianos, com períodos maiores que 28 horas, e ultradianos, com oscilações de períodos menores que 20 horas. Ao contrário dos circadianos, muitos dos ritmos ultradianos e infradianos

não estão relacionados a um fenômeno ambiental conhecido e, por isso, são pouco estudados (MARQUES & MENNA-BARRETO, 2003).

Em condições constantes de luminosidade (escuro ou claro constantes), diversos ritmos continuam a se expressar durante um tempo que pode variar de meses até anos, e são conhecidos como ritmos em livre-curso. O ritmo em livre-curso caracteriza-se pelo seu período de livre curso, que é representado pela letra  $\tau$  (Tau). Estes ritmos são a expressão de relógios biológicos endógenos, demonstrando o caráter endógeno da ritmicidade biológica (PITTENDRIGH, 1960). Esse caráter endógeno proporciona à espécie uma preparação progressiva das transições entre as fases de um ciclo, permitindo uma antecipação das modificações ambientais.

Além da antecipação, para que ocorra a adaptação temporal os estados dos ritmos fisiológicos e comportamentais precisam estar associados às fases mais propícias do ciclo ambiental. Esta harmonização é conseguida graças ao arrastamento, processo pelo qual o ritmo, gerado pelo oscilador interno, tem sua fase e sua frequência ajustadas por um ou mais fatores cíclicos ambientais. É graças ao arrastamento que o ritmo endógeno se ajusta ao ciclo ambiental e passa a se expressar com um período de 24 horas (MARQUES & MENNA-BARRETO, 2003).

Os fatores geofísicos ou bióticos que promovem o arrastamento são chamados de zeitgebers (ASCHOFF, 1960). São zeitgebers: o ciclo claro/escuro, o ciclo de temperatura, variações rítmicas de disponibilidade de alimento e água, de pistas sonoras e sociais (MOORE-EDE et al., 1982). Além de arrastadores, os zeitgebers também são capazes de sincronizar um ritmo, sendo chamados de agentes sincronizadores (HALBERG et al., 1977). Um organismo em seu meio ambiente está exposto a vários ciclos e para um ciclo ser um agente de arrastamento e de sincronização, ele depende das características da espécie. Os ritmos de uma espécie podem ser arrastados por diferentes zeitgebers, organizados seguindo uma hierarquia.

Além do ajuste do período, durante o arrastamento a fase do ritmo estabelece uma relação estável com uma determinada fase do zeitgeber. Mesmo um único pulso de luz

ou de temperatura pode causar um deslocamento de fase. Uma situação extrema seria a inversão de fases de um ritmo provocada pela inversão do ciclo ambiental.

## 1.2 ONTOGÊNESE DO CICLO VIGÍLIA/SONO

Assim como ocorre com a grande maioria dos ritmos biológicos, as características do ciclo vigília/sono (CVS) modificam-se durante o desenvolvimento (ANDRADE et al., 1997). O ser humano é uma espécie diurna, concentrando suas atividades durante o dia e o repouso durante a noite. A maior parte das modificações que ocorrem nas características do CVS durante o desenvolvimento está relacionada à periodicidade e à distribuição dos episódios do sono ao longo das 24 horas.

Nas primeiras semanas de vida, o bebê apresenta um padrão polifásico do CVS com vários episódios de sono e vigília distribuídos entre o dia e a noite. Os episódios de sono e vigília alternam-se formando ciclos de duração aproximada de 3 a 4 horas durante o dia e durante a noite. Esse padrão polifásico se modifica com o passar dos meses. Os episódios de sono noturno ficam mais longos e os de vigília tornam-se maiores durante o dia. Com a consolidação do sono noturno, que ocorre ao redor do segundo mês de vida, mas com enormes variações individuais, o bebê apresenta ao menos dois episódios de sono diurno: um durante a manhã e outro durante a tarde (MENNA-BARRETO et al., 1993).

Durante os primeiros anos de vida da criança, os episódios de sono diurno tendem a desaparecer, e ela passa, então, a apresentar apenas um episódio de sono durante a noite (MELLO et al., 1996). Esse padrão monofásico do sono se mantém durante a vida adulta, exceto em algumas sociedades que possuem o hábito de cochilar após o almoço (sesta). REZSOHAZY (1972), através da comparação entre duas populações com níveis de desenvolvimento econômico e cultural diferentes, Bélgica e Peru, demonstrou que o costume de cochilar depois do almoço é muito mais comum no país latino-americano. De acordo com este estudo, uma das razões de possuir esse hábito seria a existência de diferentes concepções de valores entre as duas populações e que

nas sociedades industriais a inexistência da sesta estaria vinculada à noção de valor do tempo que seria perdido durante o sono. Outros autores mostram que um fator que poderia estar relacionado com o hábito de cochilar após o almoço é o clima. Em países tropicais, esse hábito ocorre durante o período mais quente do dia. Esse comportamento poderia ser uma adaptação comportamental para as condições do clima, através da qual os indivíduos evitariam a exposição excessiva ao calor (BORBÉLY, 1986).

Na senescência, o padrão fragmentado do sono como ocorre nos bebês, com cochilos durante o dia e episódios de vigília durante a noite, volta a se expressar (THOMAN et al., 1993).

Um outro tipo de modificação da ritmicidade biológica humana que tem sido associada à idade dos indivíduos é o caráter matutividade/vespertividade. Este caráter é definido a partir da preferência de horários dormir e acordar e para a realização de atividades diárias, refletindo a fase dos ritmos circadianos, tais como, a temperatura corporal e a secreção de melatonina (CARSKADON et al., 1993; PARK et al., 1997; PARK et al., 1999; DUFFY et al., 2001). Existem evidências de que a tendência à matutividade e à vespertividade é herdada, constituindo o chamado cronotipo dos indivíduos, sendo que este não muda apenas com modificações de nossos hábitos (KATZENBERG et al., 1998; ARCHER et al., 2003; PEREIRA et al., 2005).

Os cronotipos podem ser classificados em: matutinos, vespertinos e indiferentes. O tipo “matutino” tende a dormir e acordar cedo e se sente melhor ao realizar suas tarefas no período da manhã, enquanto o tipo “vespertino” tende a dormir e acordar mais tarde e prefere organizar suas atividades à noite. Já o tipo indiferente tem uma preferência intermediária quanto ao seu horário de sono (ROSENTHAL et al., 2001). Crianças tendem a apresentar um caráter matutino mais acentuado (PETTA et al., 1984). Porém, na adolescência elas passam a apresentar um caráter mais vespertino devido a um deslocamento de fase (ANDRADE et al., 1993; CARSKADON et al., 1993), tendência que se inverte na senescência (MONK et al., 1992). Estas características são normalmente avaliadas por um questionário elaborado por HORNE e OSTBERG (1976).



De acordo com WATERHOUSE e colaboradores (2001), a diferença de fase entre as pessoas matutinas e vespertinas não pode ser atribuída apenas à diferença na rotina de vida e na quantidade de atividades realizadas, pois persiste mesmo quando as pessoas são submetidas a situações nas quais as variações ambientais são controladas.

### 1.3 REGULAÇÃO DO CICLO VIGÍLIA/SONO

O ciclo claro/escuro (CE) atua como um potente sincronizador dos ritmos biológicos da espécie humana (DUFFY *et al.*, 1996), incluindo o CVS, que é caracterizado pela alternância de dois estados funcionais distintos, o sono e a vigília. A sincronização entre o ciclo CE e o CVS no indivíduo se dá através da interação entre os relógios biológicos e os sincronizadores ambientais. Esses relógios ou osciladores seriam os núcleos supraquiasmáticos (NSQs), estruturas localizadas no hipotálamo (STEPHAN & ZUCKER; 1972; MOORE-EDE *et al.*, 1982), que junto com estruturas neurais e periféricas especializadas formam o que poderia ser chamado de sistema de temporização circadiana (REPPERT & WEAVER, 2002). Esse sistema, além de garantir sincronização de todos os ritmos com o ambiente, estabelece uma organização temporal dos processos fisiológicos e comportamentais.

A regulação do CVS está sob controle de mecanismos cerebrais intrínsecos. O modelo mais conhecido que descreve esses mecanismos foi primeiramente proposto por BORBÉLY (1982) como um modelo de dois processos. Este modelo foi subsequentelemente refinado por BORBÉLY e outros pesquisadores (BORBÉLY *et al.*, 1989; ACHERMANN *et al.*, 1993; ACHERMANN & BORBÉLY, 1994). Em resumo, o modelo de dois processos de regulação do sono propõe um mecanismo central provendo a regulação homeostática do sono (Processo S) que interage com o mecanismo circadiano (Processo C). A estrutura anatômica do processo S não é conhecida, nem a natureza específica das bases neuroquímicas e neurocelulares foi descrita. No entanto, já foi formulada a hipótese de que a regulação da adenosina (PORKKA-HEISKANEN *et al.*, 2002), seria uma característica específica do sistema. A

adenosina tem sua quantidade aumentada ao longo da vigília e reduzida durante o sono, e postula-se que ela estaria envolvida com o processo S (PORKKA-HEISKANEN *et al.*, 2002).

O processo homeostático vigília/sono-dependente é modelado como “processo S”, o qual é acumulado durante a vigília e dissipado durante o sono (BORBÉLY, 1982). O processo S apresenta um aumento exponencial desde o início da vigília até o início do sono, a partir do qual sofre um declínio até o seu final. O sono de ondas lentas (estágios 3 e 4 do sono sincronizado) e suas medidas quantitativas, atividade de ondas lentas do eletroencefalograma (intervalo de 0.75 - 4.5 Hz) têm sido propostos com marcadores fisiológicos do “processo S” (BORBÉLY, 1982). A atividade de ondas lentas é alta na parte inicial do período de sono, quando a necessidade de sono é maior, e exibe um declínio exponencial ao longo da noite (BORBÉLY *et al.*, 1981; DIJK *et al.*, 1990).

Já o processo do sistema circadiano modelado como “processo C” é essencialmente independente da vigília e do sono prévios (DIJK & CZEISLER, 1995). Este processo é controlado pelo sistema de temporização, e pode ser expresso por uma curva sinusóide, com valores alcançando seu nível máximo de propensão ao sono no início da manhã e o seu mínimo no início da noite ou final da fase clara (DIJK & CZEISLER, 1995).

Modelos atuais mostram que o sistema homeostático e o circadiano operam normalmente como processos opostos viabilizando a consolidação do sono e da vigília (ACHERMANN & BORBÉLY, 1994; DIJK & CZEISLER, 1994; DIJK & CZEISLER, 1995). Inversamente, o declínio da intensidade ou da pressão do sono sincronizado, opõem-se ao aumento da propensão circadiana ao sono durante a noite, mantendo dessa maneira o sono consolidado (DIJK & CZEISLER, 1995).

#### 1.4 AVALIAÇÃO DA FASE CIRCADIANA

Apesar de não ser possível acessar diretamente o mecanismo do relógio circadiano dos humanos, é possível medir alguns parâmetros do sistema, como por exemplo, a fase e o período, através da avaliação de sinais periféricos. Por exemplo, os ritmos do cortisol e da melatonina podem ser usados como marcadores de fase circadiana (KLERMAN, 2005). Parâmetros do ciclo vigília/sono também têm sido usados como marcadores circadianos em humanos (MARTIN & EASTMAN, 2002).

O ritmo da secreção da melatonina é um dos sinais mais confiáveis para realização de medidas, porque ele é estável na presença de várias influências externas (KRAUCHI *et al.*, 2002). Por exemplo, enquanto a ingestão excessiva de carboidratos pode promover mudanças significativas na temperatura corporal, a concentração de melatonina não é influenciada por esse fator (KRAUCHI *et al.*, 2002). Uma das variáveis externas que pode afetar o ritmo de melatonina é a iluminação ambiental (LEWY, 1999).

Em humanos, a síntese e a secreção de melatonina começam a aumentar antes do início do sono, atingindo um pico na primeira parte da noite. Assim, é possível acessar a fase do sistema circadiano através do início, final ou ponto médio da secreção de melatonina. Mesmo sendo o ritmo de melatonina confiável, há uma grande variação interindividual nos níveis secretados (LEWY, 1999). Os níveis plasmáticos de melatonina em humanos durante o dia são normalmente menores que 10 pg/mL, enquanto que durante a noite esses valores excedem 40 pg/mL.

O primeiro método relatado para avaliar a melatonina do plasma foi baseado na cromatografia gasosa/espirometria de massa (GCMS), mas foi substituído por outro mais específico e com maior sensibilidade, o radioimunoensaio (LEWY *et al.*, 1999).

LIEBENLUFT e cols. (1996) empregaram amostras de saliva para mensurar o início de secreção da melatonina e propuseram essa medida como sendo a mais prática e confiável para acessar a fase circadiana. A correlação entre os valores plasmáticos e salivares para a avaliação do horário do início de secreção da melatonina foi de 0.93

(LIEBENLUFT *et al.*, 1996). Esse resultado tem contribuído para a rápida adoção desse método como sendo o preferido para a avaliação dos níveis de melatonina, porque ele é relativamente não invasivo e mais aceito pelos sujeitos. Em adultos e adolescentes, o horário do início de secreção da melatonina (*dim light melatonin onset* – DLMO) pode ser definido como o horário no qual a concentração de 4 pg/mL de melatonina é alcançada na saliva (NAGTEGAAL *et al.*, 1998; CARSKADON *et al.*, 1999). Em adultos, o DLMO ocorre normalmente ao redor das 19h30min e 22h e em crianças entre às 19h e 21h (VAN DEN HEIJDEN *et al.*, 2005), em geral entre 1 ou 2 horas antes do horário de dormir.

### 1.5 MODIFICAÇÕES DO CICLO VIGÍLIA/SONO NA ADOLESCÊNCIA

O desenvolvimento puberal é acompanhado por várias alterações na duração e na organização dos estágios do sono (THORPY *et al.*, 1988). A duração do sono noturno em crianças de sete a nove anos é geralmente estável, com a duração de sono durante os dias letivos semelhante a do fim de semana. Em geral, o despertar ocorre espontaneamente (PETTA *et al.*, 1984). Em contraste, em adolescentes o padrão do sono do fim de semana quando comparado com o padrão de durante a semana mostra um considerável atraso de fase, com o horário de dormir e de acordar ocorrendo mais tarde nos fins de semana. Esta característica é conhecida como Padrão Semanal de Restrição–Extensão do Sono (CARSKADON, 1990).

A redução na duração de sono dos adolescentes durante a semana seria uma consequência dos horários aos quais os adolescentes estariam submetidos, provocando uma privação de sono nos mesmos. Esse aumento da deficiência crônica do sono poderia aumentar a probabilidade de ocorrência de sonolência diurna em adolescentes (CARSKADON *et al.*, 1980).

Estudos mostram que adolescentes em estágios puberais mais avançados têm uma maior preferência por horários de sono mais tardios, ocorrendo uma diminuição da duração de sono noturno e um aumento na sonolência diurna (FERBER, 1990;

CARSKADON, 1993; ANDRADE, *et al.*, 1993). Estes achados foram posteriormente corroborados em estudos de laboratório, nos quais o estágio Tanner foi acessado por médicos e a fase circadiana mensurada pelo ritmo de melatonina salivar (Carskadon *et al.*, 1997). Em resumo, o estágio puberal foi correlacionado com o marcador de fase circadiana, mostrando que crianças pós-púberes possuem um atraso de fase da secreção de melatonina (CARSKADON *et al.*, 1997).

O modelo dos dois processos tem servido como um sistema conceitual para o estudo das mudanças do CVS em adolescentes (CARSKADON & ACEBO, 2002; CARSKADON *et al.*, 2004; JENNI *et al.*, 2005). Um estudo com adolescentes pré-púberes (Tanner 1-2) e pós-púberes (Tanner 5) examinou a regulação homeostática do sono usando um protocolo de privação de sono com 36 horas de vigília (JENNI *et al.*, 2005). Esse estudo mostrou que em ambos os grupos de adolescentes, após as 36 horas de vigília, a latência do sono foi encurtada, a eficiência do sono aumentada e os despertares noturnos foram reduzidos. A privação do sono resultou em um forte aumento da atividade de ondas lentas (SWA) em adolescentes pós-púberes, mas não em adolescentes pré-púberes. Diferenças na magnitude da resposta da atividade de ondas lentas (SWA), após a privação de sono, fornecem subsídios à idéia de que existem diferenças na evolução do processo S entre crianças e adolescentes. O aumento gradual da pressão homeostática do sono durante a vigília foi menor em adolescentes no estágio Tanner 5 que em adolescentes no estágio Tanner 1-2. Esses achados sugerem que o cérebro alcança sua capacidade para gerar ondas lentas com pouca vigília no cérebro jovem, o que não ocorre no cérebro maduro. A saturação mais rápida da capacidade de geração de ondas lentas pode diminuir a tolerância de crianças permanecerem acordadas no fim do dia. Esses autores concluíram que mudanças maturacionais da regulação homeostática do sono permitiriam o atraso de fase do sono no decorrer da adolescência (JENNI *et al.*, 2005).

Por outro lado, o atraso de fase do sono pode resultar de alterações específicas do período do sistema circadiano durante a puberdade. Os atrasos da fase circadiana poderiam estar relacionados com mudanças no período endógeno do relógio circadiano. Sabe-se que indivíduos matutinos apresentam períodos endógenos

menores quando comparados a indivíduos vespertinos (DUFFY *et al.*, 2001). Adolescentes mais maduros apresentariam períodos endógenos maiores, acentuando a tendência a vespertinidade.

Outros autores relacionam essa mudança de fase com o aumento da pressão social e da demanda acadêmica. Um estudo transversal sugere que a série escolar está significativamente associada com a transição do tipo matutino para o vespertino, especialmente notada ao redor da sexta série. Esse estudo mostrou que fatores ambientais, tais como demandas acadêmicas e sociais, desempenham um papel tão importante na transição dos padrões sono/vigília quanto fatores biológicos (GAU & SOONG, 2003).

Horários de lazer e trabalho podem reduzir as horas disponíveis para o sono (DAHL & CARSKADON, 1995) e também ter influência sobre o atraso de fase do sono. Alguns autores discutem a influência da mídia na expressão do CVS em adolescentes. Estudos mostram que assistir a televisão por longos períodos durante a noite pode contribuir para o desenvolvimento de problemas de sono em jovens adultos (JOHNSON *et al.*, 2004). Pesquisas realizadas com crianças mostram um impacto negativo do hábito de assistir a televisão sobre a qualidade do sono das crianças (OWENS *et al.*, 1999; PAAVONEN *et al.*, 2006). Além da televisão, o uso da Internet e de jogos de computador também estão associados a alterações no comportamento do sono (VAN DEN BULCK, 2004). As atividades de lazer que não são estruturadas (sem horário para começar e terminar) também podem afetar negativamente os padrões de sono. Imposição de atividades mais estruturadas, com horários, reduz o impacto da mídia sobre os padrões de sono (VAN DEN BULCK, 2004).

Se a preferência de fase dos adolescentes é atrasada, quando eles estão com a intenção de obter uma duração de sono mais adequada podem encontrar dificuldades em adormecer mais cedo para a realização de atividades no início da manhã. Fatores como estes devem ser levados em conta para o desenvolvimento de opções de estilo de vida mais adequadas para adolescentes (CARSKADON *et al.*, 1993).

## 1.6 CONSEQÜÊNCIAS DA INSUFICIÊNCIA DE SONO EM ADOLESCENTES

Há uma surpreendente falta de dados empíricos que examinem os efeitos da privação de sono e da insuficiência de sono entre os adolescentes (DAHL & LEWIN, 2002). Porém, existem alguns dados relevantes sobre essa questão. Em resumo, o efeito mais direto da insuficiência de sono é a sonolência diurna durante atividades de baixa estimulação como prestar atenção às aulas, dirigir, ou desenvolver atividades repetitivas (DAHL & LEWIN, 2002). Em diversos trabalhos é relatado o aumento de sonolência em situações de privação de sono (WEBB & AGNEW, 1975; CARSKADON & DEMENT, 1987). CARSKADON (1979) sugere, inclusive, que sujeitos normais em condições ideais não apresentariam sonolência, pois a mesma seria uma conseqüência da privação de sono.

Um outro fator que deve ser levado em consideração é o cansaço, que pode ser definido como um sentimento de fadiga, relacionado à dificuldade e a falta de motivação para iniciar certos tipos de comportamento, particularmente aqueles associados a objetivos de longo prazo ou com objetivos abstratos. Além disso, o cansaço provoca a diminuição da persistência para atividades em andamento. Cansaço e sintomas de fadiga podem também contribuir com o desenvolvimento de problemas de sono e depressão (DAHL & LEWIN, 2002).

Estudos mostram que quando os adolescentes são submetidos a uma privação parcial de sono por vários dias, tendem a cochilar em ambientes quietos (CARSKADON & DEMENT, 1981; CARSKADON, 1990). Vários levantamentos escolares mostram que os microepisódios de sono (breves lapsos mentais) durante as aulas têm se tornado um comportamento comum entre os adolescentes do ensino médio (WOLFSON & CARSKADON, 1996). Estes microepisódios de sono que se manifestam na aula podem se tornar incontrolláveis, resultando em um pobre desempenho acadêmico do adolescente. FALLONE e cols. (2001) submeteram jovens entre oito e quinze anos de idade a uma noite com apenas 4 horas de sono, e observaram que a sonolência diurna, medida objetiva e subjetivamente, aumentava. Em uma revisão (WOLFSON & CARSKADON, 2003), o desempenho acadêmico e o sono foram analisados extensivamente. Neste artigo, os autores mostraram que o sono total encurtado e

horários irregulares de sono são altamente associados com o pobre desempenho escolar dos adolescentes. BAN E LEE (2001) observaram que 43% dos adolescentes com distúrbios de sono reclamam de prejuízos de concentração na sala de aula.

A sonolência é mais evidente em situações de baixa estimulação. Atividades mais estimulantes podem mascarar níveis moderados de sonolência e, por esse motivo, o adolescente pode permanecer acordado até tarde em situações de lazer e adormecer lendo um livro durante o dia (MITRU *et al.*, 2002).

O cansaço é menos observado em situações em que há maior envolvimento e desafios. Tarefas tediosas sem a iminência de recompensa ou que exigem uma seqüência complexa de passos são mais afetadas pelo cansaço. Por isso, as técnicas utilizadas pelos professores na sala de aula devem ser altamente compensatórias e motivadoras para assegurar que estudantes cansados permaneçam motivados e envolvidos (MITRU *et al.*, 2002).

Acidentes com veículos motorizados são as maiores causas de morte em adolescentes e a sonolência pode ser fatal para adolescentes atrás de um volante. Estudos nos quais foram analisados dados de acidentes automobilísticos mostram que pessoas jovens entre 16 e 29 anos de idade são mais suscetíveis a se envolver em acidentes causados por adormecer na direção (PACK *et al.*, 1995). O consumo de bebidas alcoólicas e a insuficiência de sono é uma combinação particularmente perigosa para jovens recentemente licenciados para dirigir, porque ocorre um impacto aditivo do álcool e da privação do sono nas habilidades cognitivas e na coordenação motora (CARSKADON, 1990; BARRETT *et al.*, 2005). PACK e colaboradores (1995) analisaram 5104 relatos de acidentes que ocorreram em North Carolina, EUA, entre 1990 e 1992, nos quais o motorista tinha dormido ao volante. Em 771 dos acidentes analisados o motorista também estava alcoolizado. Dos 5104 acidentes, 25% ocorreram com motoristas com menos de vinte e cinco anos. E a maioria dos acidentes com jovens ocorreu com homens sozinhos e durante a noite.

A privação de sono tem um efeito negativo sobre o controle do humor e o comportamento. O sono inadequado resulta em um aumento da irritabilidade e baixa



tolerância à frustração, que são sintomas freqüentes de privação de sono em adolescentes (DAHL, 1996, 1999). WOLFSON e colaboradores (1995) mostraram que estudantes que dormem em horários tardios e/ou que dormem pouco tendem a expressar um comportamento mais agressivo. Os conflitos que surgem entre pais e estudantes por causa dos horários tardios de acordar, e entre os professores e estudantes por causa da sonolência na sala de aula, podem afetar muito o estado emocional do estudante, que pode se tornar hostil ou ressentido, por exemplo. Em uma situação frustrante, os adolescentes privados de sono se tornam mais bravos ou agressivos. Sob estas circunstâncias, os adolescentes poderiam se tornar mais vulneráveis para o uso de álcool, drogas ilícitas, e direção perigosa (DAHL, 1996).

Uma variedade de desordens clínicas evidencia a existência de uma ligação entre regulação das emoções e o sono. Alguns autores descrevem efeitos bidirecionais entre problemas emocionais/comportamentais e privação do sono. O efeito negativo da privação de sono sobre o humor pode gerar dificuldades emocionais/comportamentais, que por sua vez desencadeiam novos problemas de sono (DAHL, 1999). Existem relatos que 75% das crianças reclamam de perda de sono durante os períodos de depressão (DAHL, 1996). A manifestação de depressão como resultado de anormalidades do sono em adolescentes é dependente de privação de sono severa.

Estas conseqüências relacionadas à privação de sono são mais marcantes em tipos vespertinos, como observado por SHINKODA e colaboradores (2000). Este autor constatou que tipos vespertinos cochilam mais freqüentemente durante os dias letivos, têm maiores queixas de sonolência diurna e maiores problemas de atenção do que os outros cronotipos. Como estas conseqüências podem comprometer não só o desempenho do estudante em sala de aula como também a sua qualidade de vida (ROENNEBERG *et al.*, 2003), a sociedade deve permanecer atenta e procurar meios que minimizem os efeitos provocados pela privação parcial de sono em adolescentes.

## 1.7 EFEITOS DA LUZ NO RITMO DE SECREÇÃO DA MELATONINA

O sistema circadiano não está envolvido somente com a duração do sono, mas também com o horário de liberação de hormônios, regulação da temperatura corporal e da arquitetura do sono. Na espécie humana, a partir da segunda semana de idade, a informação sobre a iluminação ambiental chega ao sistema nervoso central através de um circuito neural iniciado na retina. A luz incide sobre a retina, que envia informações para os núcleos supraquiasmáticos (NSQs). Os NSQs conectam-se, dentre outras estruturas, com o núcleo paraventricular (PVN), que através de uma via polissináptica envia as informações para a coluna intermediolateral da medula espinhal, que a partir de fibras pré-ganglionares simpáticas comunicam-se com a glândula pineal. Assim, a pineal está sob o controle dos NSQs, e tem sua atividade rítmica arrastada pela luz ambiental (MOORE, 1996).

A síntese do principal hormônio da pineal, a melatonina, é deflagrada na fase de escuro e depende necessariamente da ativação do sistema nervoso simpático e a conseqüente liberação de neurotransmissores simpáticos na glândula. Esses neurotransmissores estimulam a síntese de melatonina. A melatonina é secretada com um estável ritmo circadiano em todas as espécies. Sendo a espécie noturna ou diurna, seu pico diário de melatonina coincide sempre com a noite (ARENDT, 2005). A glândula pineal sinaliza para o meio interno a alternância entre a presença e ausência de melatonina na circulação e nos líquidos corpóreos, ou seja, se é dia ou noite no meio externo e, através do seu perfil plasmático noturno, qual é a estação do ano. O mecanismo da pineal está sob o controle dos ciclos diários de iluminação ambiental e o seu perfil de síntese e secreção de melatonina, em animais, é influenciado pelo comprimento do dia. Em dias curtos de inverno a secreção é maior do que nos dias longos do verão (ARENDT, 1995).

A luz com duração, intensidade, e qualidade espectral apropriada, incidindo sobre a retina de mamíferos durante a fase de escuro, suprime a produção de melatonina, fazendo com que sua concentração caia a níveis basais em poucos minutos, podendo ou não ser retomada, dependendo do momento em que se dá a estimulação retiniana (ARENDT, 1995).

Os comprimentos de onda mais efetivos estão entre 460-470 nm, tanto para a supressão como para mudança de fase do ritmo de melatonina (ARENDT, 1995). Quando indivíduos adultos são expostos à luz de intensidade moderada de 400 lux por 30 minutos ou a uma intensidade de 300 lux por 2 horas, durante a primeira metade da noite subjetiva, pode ocorrer uma diminuição dos níveis de melatonina durante a noite (AOKI *et al.*, 1998). A exposição de adolescentes à luz intensa de 2000 lux e à luz moderada de 200-300 lux pode inibir a concentração noturna de melatonina (HARADA, 2004). Entretanto, outros trabalhos demonstraram que a secreção de melatonina é suprimida pela intensidade de luz ambiente encontradas tipicamente dentro de casa (100 lux) (BOJKOWSKI *et al.*, 1987; BOIVIN *et al.*, 1996; BRAINARD *et al.*, 1997). Um estudo com jovens adultos mostrou uma forte relação dose resposta entre iluminação e supressão de melatonina, com uma forte supressão de melatonina ocorrendo tanto para luz intensa como para intensidades de luz de dentro de casa (100 lux) e uma pequena supressão de melatonina para intensidades menores que as de dentro de casa (ZEITZER *et al.*, 2000).

Existem variações individuais substanciais na sensibilidade para a intensidade da luz requerida para suprimir a secreção de melatonina. Isso é determinado não somente por fatores ambientais, mas também por fatores genéticos (ZEITZER *et al.*, 2000).

O nascer e a posição do sol fornecem um preciso e confiável sinal para a sincronização da fase do relógio circadiano, e não é surpreendente que o ciclo CE é um poderoso, se não o principal, *zeitgeber* de várias espécies (MISTLBERGER & SKENE, 2003). A luz tem um efeito fase-dependente no Sistema de Temporização Circadiana (DAAN & PITTENDRIGH, 1976): exposição à luz durante as primeiras horas da noite causa um atraso de fase, exposição à luz durante as primeiras horas do dia gera um avanço de fase. Quando indivíduos adultos são expostos a pulsos de luz em diferentes horas do dia, um mesmo estímulo luminoso incidindo em diferentes momentos da fase circadiana pode provocar diferentes efeitos sobre o sistema de temporização (HONMA & HONMA, 1988).

A representação gráfica do comportamento de um oscilador submetido a um pulso de estimulação administrado em diferentes horas do dia é chamada de curva de

resposta dependente de fase (CRF). Nela são representadas as relações entre a fase de exposição ao pulso e a direção do deslocamento de fase provocado. Para a construção de uma CRF em uma situação de livre curso devemos levar em conta o conceito de “dia subjetivo” e “noite subjetiva”. Se o organismo for diurno, sua fase de atividade será considerada como o dia subjetivo e a de repouso, como noite subjetiva; já para os organismos noturnos, a situação se inverte. As curvas de resposta dependentes de fase podem ser construídas usando pulsos de luz em indivíduos mantidos em escuro constante ou baixas intensidades luminosas ( $< 3$  lux), ou o inverso. Numa CRF obtida com pulsos de claro, em geral observa-se que os pulsos aplicados no início da noite subjetiva causam atraso de fase e aqueles apresentados no fim da noite subjetiva, provocam adiantamento de fase. Dependendo da fase do ritmo em livre curso na qual é aplicado, um único pulso de luz pode provocar atraso ou adiantamento sobre o relógio circadiano humano (KHALSA *et al.*, 2003).

Os efeitos da luz no sistema circadiano são determinados não somente pelo tempo de exposição à luz, mas também por outros fatores incluindo a intensidade (ZEITZER *ET AL.*, 2000), comprimento de onda (LOCKLEY *et al.*, 2003), duração (RIMMER *et al.*, 2000) e história de exposição prévia (SMITH *et al.*, 2004).

A exposição de crianças e adolescentes à luz intensa durante a primeira metade da noite subjetiva pode promover um atraso de fase dos ritmos circadianos (HARADA, 2004). A magnitude do atraso de fase poderia ser maior porque durante o desenvolvimento puberal haveria uma sensibilidade aumentada à luz durante a noite ou uma sensibilidade diminuída no início da manhã (CARSKADON *et al.*, 2004).

A eficácia e a relativa importância da luz e dos estímulos sociais como *zeitgebers* circadianos em humanos é um tema polêmico (CZEILER, 1995; CAMPBELL *et al.*, 1995). A exposição à luz é determinada pelo estado comportamental (ex: abrir e fechar os olhos; sair e entrar de lugares fechados) e este é influenciado por estímulos sociais. Esses fatos suscitam importantes questões metodológicas e interpretativas. Uma delas é se os estímulos sociais são verdadeiros *zeitgebers* independentes, ou se eles são simplesmente agentes de *zeitgebers* fóticos. Os estímulos sociais por afetarem o estado comportamental poderiam modular a entrada de estímulos fóticos na retina e

conseqüentemente para as células dos NSQs no Sistema Nervoso Central (SNC) (RALPH & MROSOVSKY, 1992). Assim, influenciariam significativamente a sincronização diária ao CE, mesmo que os estímulos sociais independentes da luz não tenham efeitos no sistema circadiano.

Estímulos sociais também poderiam influenciar o programa circadiano por processos de condicionamento clássicos (Pavloviano). Por exemplo, se estímulos sociais (despertador, rádio ou cônjuge), predizerem uma ocorrência diária confiável de estimulação fótica, assim como acender a luz do quarto, abrir a janela, os estímulos não-fóticos, que quando isolados são neutros, poderiam tornar-se uma imitação dos efeitos fóticos no relógio circadiano por condicionamento (AMIR & STWART, 1996). Um estímulo social poderia, por isso, adquirir propriedades de um *zeitgeber* suficiente para substituir ou reforçar as ações da luz na fase circadiana. Condicionamento deste tipo poderia ocorrer via interações sinápticas entre aferências fóticas e não-fóticas dentro do SNC.

Além de sua atuação sobre o sistema de temporização, fatores fóticos e não-fóticos modificam a expressão dos ritmos biológicos de uma outra forma, que não envolveria o sistema de temporização. Esta atuação é chamada de “mascaramento”. Segundo MINORS e WATERHOUSE (1989), mascaramento seria qualquer processo que modifica a expressão original do sistema de temporização.

Uma alternativa para compreender os efeitos dos sincronizadores sociais sobre o sistema de temporização seria a comparação dos ritmos biológicos em populações isoladas de determinadas pistas sociais.

Estudos do nosso grupo de pesquisa sobre os padrões do ciclo vigília/sono de populações que vivem em diferentes ambientes - urbano e rural, sendo que neste último havia famílias com e sem energia elétrica em suas casas - mostraram que adolescentes que vivem em ambientes urbanos apresentam horários de sono mais tardios quando comparados com aqueles que moram na área rural. Diferenças na população rural entre adolescentes com e sem energia elétrica em suas residências sugerem a participação deste fator no atraso de fase de adolescentes, notadamente

mais acentuado entre aqueles que vivem em ambientes urbanos (LOUZADA & MENNA-BARRETO, 2003).

Este atraso, aliado aos horários escolares matutinos, promoveria uma privação parcial de sono mais exacerbada naqueles adolescentes que possuem energia elétrica em suas residências. A presença da energia elétrica nas residências poderia, portanto, promover uma alteração de fase na ritmicidade circadiana ou exercer um efeito de mascaramento sobre a expressão destes ritmos (LOUZADA & MENNA-Barreto, 2004).

O estudo de populações que não possuem energia elétrica é uma oportunidade única para investigarmos as modificações que ocorreram nos ritmos biológicos, particularmente no CVS, após o advento da luz elétrica. Estudos sugerem que nas últimas décadas ocorreu uma redução na duração total de sono em função de mudanças no modo de vida sociedade contemporânea, mudança influenciada pelo advento de recursos tecnológicos (VAN DEN BULCK, 2004). Portanto, a exposição à luz artificial, aliada a mudanças no modo de vida, modificaria a expressão dos ritmos biológicos. A mudança mais evidente seria o atraso de fase na expressão da ritmicidade circadiana. Esse atraso seria responsável pela privação parcial de sono à qual a sociedade contemporânea estaria submetida.

Um outro aspecto que deve ser ressaltado está relacionado mais especificamente ao CVS de adolescentes. Estudos destas populações trarão subsídios para uma melhor compreensão dos fatores biológicos e socioculturais envolvidos no atraso de fase da adolescência e conseqüentemente contribuirão para a discussão a respeito das intervenções adequadas para minimizar o impacto do atraso de fase no desempenho acadêmico dos adolescentes.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

- Estudar o efeito da presença de energia elétrica nas residências sobre a ritmicidade circadiana de adolescentes que vivem em uma área rural do Estado do Paraná.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Estudar a influência do turno escolar sobre a ritmicidade circadiana dos adolescentes;

- Comparar o CVS de adolescentes com e sem energia elétrica na sua residência;

- Comparar o horário do início de secreção da melatonina de adolescentes com e sem energia elétrica na sua residência.

### **3 MATERIAIS E MÉTODOS**

O presente estudo foi realizado com 48 estudantes de 5ª a 8ª séries dos turnos matutino e noturno da Escola Municipal João Gonçalves de Almeida da área rural (bairro Porto Novo) da cidade de Adrianópolis-PR, situada a 130 km de Curitiba, latitude 24°40' S. Na época do estudo estávamos no outono, o horário do nascer do sol era em torno da 6h e do pôr do sol por volta das 18h. A idade desses adolescentes variava de 10 a 17 anos.

Para a participação dos estudantes no projeto seus pais preencheram um termo de consentimento aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Setor de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná (anexo 1). Nas primeiras visitas à escola, foi aplicado um Questionário sobre os Hábitos de Sono (anexo 2).

O Questionário sobre os Hábitos de Sono inclui questões sobre dados pessoais, os hábitos de sono e questões relativas a fatores que podem interferir no ciclo vigília/sono dos adolescentes (LOUZADA, 2000). Os questionários foram respondidos na sala de aula sob a supervisão de um pesquisador.

Através desse questionário conseguimos traçar um perfil de cada aluno, selecionar quais iriam participar da pesquisa e esquematizar os grupos do estudo. O primeiro critério de exclusão dos sujeitos que responderam ao questionário do estudo foi a idade, já que na escola havia muitos alunos adultos. Participaram do estudo apenas os estudantes com idade entre 10 e 17 anos. Além disso, foram excluídos do estudo os alunos com habilidades de leitura e escrita insuficientes para o preenchimento adequado dos instrumentos utilizados na coleta. O terceiro e último critério de exclusão foi estabelecido pela direção do colégio, que achou melhor excluir os alunos que apresentavam um histórico incompatível com a responsabilidade necessária para o uso dos instrumentos utilizados nas coletas.



### 3.3 COLETA DE DADOS

Para a realização da pesquisa com os adolescentes, solicitamos a análise da Comissão Nacional de Ética em Pesquisa e obtivemos parecer favorável em 06 de abril de 2005 (anexo 1).

Para facilitar a obtenção de dados e em virtude da disponibilidade de equipamentos, os adolescentes foram divididos em quatro grupos: dois grupos de alunos que estudavam no período matutino, das 7h30min às 11h30min, e dois grupos que estudavam no período noturno, das 19h às 22h30min.

A coleta de dados envolveu o preenchimento do diário de sono e o uso de um actímetro de pulso durante uma semana (item 3.1.4). Além disso, os adolescentes participaram de uma coleta de saliva que foi realizada em uma noite da semana de estudo. Durante essa, os estudantes foram mantidos sentados na biblioteca da escola, assistindo TV sob condições de intensidade luminosa controlada. Os alunos que necessitaram utilizar o sanitário o fizeram utilizando-se de óculos escuro para reduzir a exposição à luz, evitando interferências com a secreção de melatonina. Para os sujeitos do turno noturno, a coleta da saliva foi realizada no segundo dia do período de coleta, e para os do matutino, no último dia, evitando assim interferências com os hábitos de sono. Na manhã seguinte à coleta de saliva, as amostras congeladas em gelo seco foram encaminhadas à Curitiba, onde foram centrifugadas, congeladas e armazenadas. Os dados dos actímetros foram transferidos para o computador do Laboratório de Cronobiologia Humana do Departamento de Fisiologia da UFPR.

O período em que ocorreram as coletas, para cada grupo, é mostrado no quadro 1.

**QUADRO 1 - PERÍODO EM QUE AS COLETAS FORAM REALIZADAS EM 2005**

<b>Coletas (2005)</b>	<b>1ª</b>	<b>2ª</b>	<b>3ª</b>	<b>4ª</b>
<b>Período das coletas</b>	04 à 11/04	25/04 à 03/05	9 à 16/05	17 à 30/05
<b>Dias das coletas de saliva</b>	05/04	26/04	16/05	30/05

### 3.3.1 Grupos de coleta

#### → 1º Grupo

Composto de 12 estudantes do período noturno, sendo 4 meninas e 8 meninos, 4 sem energia elétrica nas suas residências e 8 com energia elétrica. Os 12 adolescentes participaram da coleta da melatonina salivar. Apenas 2 alunos necessitaram utilizar o sanitário.

#### → 2º Grupo

Formado por 12 adolescentes do turno noturno, sendo 3 meninas e 9 meninos, dos quais 4 não possuíam energia elétrica em suas residências.

Os 12 adolescentes participaram da coleta de melatonina salivar. Apenas uma aluna necessitou utilizar o sanitário.

#### → 3º Grupo

Com 9 adolescentes do turno matutino, sendo 4 meninas e 5 meninos, 3 sem energia elétrica em suas residências e 6 com energia elétrica. No dia da coleta de saliva, os participantes permaneceram na escola até às 22h15min, atrasando o horário

de dormir. Os dados do CVS deste último dia não foram incluídos na análise. Os 9 adolescentes participaram da coleta da melatonina salivar.

→ 4º Grupo

Com 14 adolescentes do turno matutino e 1 menina do noturno, que não pôde participar da coleta juntamente com sua turma, divididos em 7 meninas e 8 meninos, 3 sem energia elétrica em suas residências e 12 com energia elétrica. Chuvas intensas ocorreram em dias de coleta, exigindo mudanças no cronograma de coleta de dados e na permanência do actímetro com a maioria dos adolescentes por período de duas semanas. Apenas 5 estudantes, que moravam perto da escola e foram à aula no dia que estava programado para ser realizada a coleta de saliva (24 de maio), devolveram o actímetro. Como a maioria dos alunos não compareceu para a coleta de saliva no dia 24 de maio, a coleta foi remarcada para o dia 30 de maio.

A menina do turno noturno sem energia elétrica na sua residência não compareceu à coleta de saliva. Apenas 2 alunos necessitaram ir ao sanitário.

### 3.1.2 Características da população

A idade de cada adolescente obtida através do questionário é exibida no apêndice 1. A tabela 1 mostra as idades médias dos adolescentes.

Devido a problemas com os dados da actimetria de alguns adolescentes, dos 48 participantes que iniciaram as coletas, apenas 37 tiveram dados incluídos na análise. Desses alunos, 17 estudavam no turno noturno e 20 no turno matutino (apêndice 1). Seis adolescentes do turno noturno não possuíam energia elétrica na sua residência, enquanto que do turno matutino eram 5. Nenhum dos 37 estudantes do estudo tinha acesso à Internet e apenas um possuía telefone fixo.

As figuras 1 e 2 mostram as condições de moradia dos participantes do estudo. Podemos observar que grande parte dos estudantes morava com muitas pessoas na mesma casa (em média 6 pessoas).

A maioria dos adolescentes ia para a escola de ônibus (fig. 3). Os estudantes que moravam perto da escola e iam a pé, levavam de 3 a 10 minutos para chegar à escola. Já os que iam de ônibus levavam de 30 a 60 minutos. Nove dos 11 adolescentes sem energia elétrica na sua residência iam para a escola de ônibus.

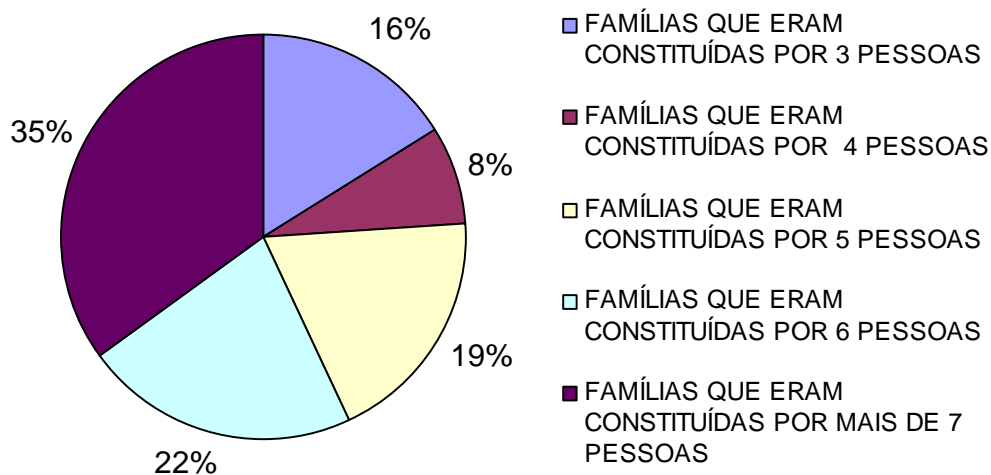
No apêndice 1 notamos que dos 15 estudantes do turno matutino com energia elétrica na sua residência 6 trabalhavam e apenas 1 dos adolescentes sem energia elétrica não trabalhava. Todos os alunos sem energia elétrica na sua casa do turno noturno trabalhavam, e 4 dos 11 com energia elétrica trabalhavam.

Podemos observar, através das figuras 4 e 5, que a maioria dos adolescentes relatavam acordar sozinhos nos dias letivos e nos fins de semana.

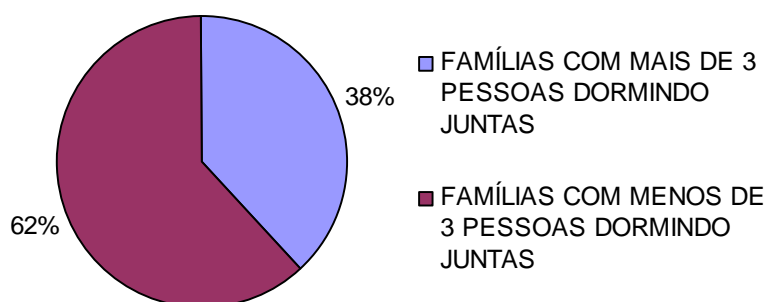
**TABELA 1 - IDADE MÉDIA DOS ADOLESCENTES**

Turno Escolar	Energia Elétrica	Nº	Idade Média
		Adolescentes (n=37)	
Noturno	Sem	5	14,56 (2,23)
Noturno	Com	12	13,33 (1,81)
Matutino	Sem	6	12,62 (1,35)
Matutino	Com	14	12,58 (1,18)

Valores representam médias  $\pm$  desvio padrão.

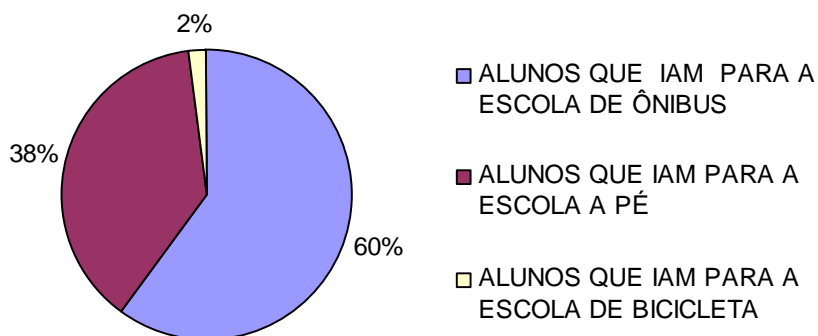
**FIGURA 1 - NÚMERO DE PESSOAS QUE CONSTITUÍAM AS FAMÍLIAS**

LEGENDA: VALORES PERCENTUAIS DE UM TOTAL DE 37.

**FIGURA 2 - NÚMERO DE PESSOAS QUE DIVIDIAM O DORMITÓRIO COM O ADOLESCENTE**

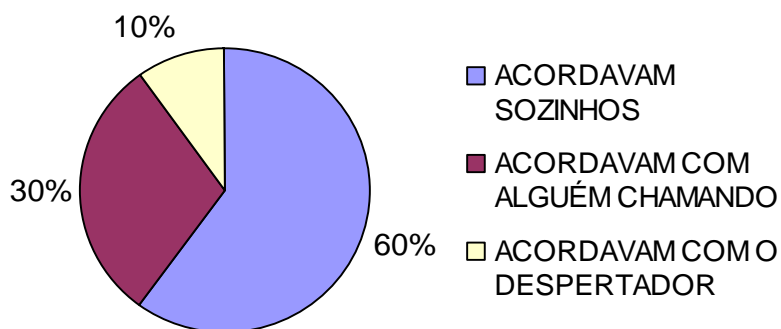
LEGENDA: VALORES PERCENTUAIS DE UM TOTAL DE 37.

**FIGURA 3 - MEIO DE LOCOMOÇÃO QUE OS ALUNOS UTILIZAVAM PARA IR À ESCOLA**



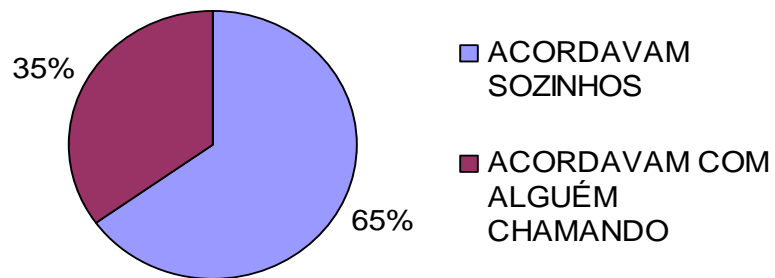
LEGENDA: VALORES PERCENTUAIS DE UM TOTAL DE 37.

**FIGURA 4 - MANEIRA PELA QUAL OS ADOLESCENTES DESCREVIAM ACORDAR DURANTE OS DIAS LETIVOS**



LEGENDA: VALORES PERCENTUAIS DE UM TOTAL DE 37.

**FIGURA 5 - MANEIRA PELA QUAL OS ADOLESCENTES DESCREVIAM ACORDAR DURANTE O FIM DE SEMANA**



LEGENDA: VALORES PERCENTUAIS DE UM TOTAL DE 37.

### 3.1.3 Classificação econômica

A classificação econômica dos estudantes foi obtida a partir da utilização do Critério de Classificação Econômica Brasil (BARROS & VICTORA, 2005).

O Critério de Classificação Econômica Brasil estima o poder de compra das pessoas e das famílias. A classificação econômica dos sujeitos através desse sistema é baseada em dez bens domésticos (TV, DVD, rádio, automóvel, etc), na presença de empregados e no grau de escolaridade do chefe de família. Para cada bem existe uma pontuação (anexo 3), que no final é somada indicando a classe (A, B, C, D, E) a qual o adolescente pertence (anexo 3).

O critério foi aplicado no primeiro dia de cada etapa do estudo (anexo 3). O quadro 2 mostra o número de adolescentes e a classe econômica a qual esses estudantes pertenciam. A classe econômica E é a classe que engloba o maior número de estudantes (18), enquanto a classe B2 possui apenas um adolescente. A classificação econômica de cada estudante é mostrada no apêndice 1.

A quantidade de eletrodomésticos e eletroeletrônicos que as famílias dos adolescentes com e sem energia elétrica na sua residência possuíam e o grau de instrução do chefe de família são mostrados nos quadros 3 e 4, respectivamente.

#### QUADRO 2 – CLASSIFICAÇÃO ECONÔMICA DOS ADOLESCENTES

<b>Número de Adolescentes (n=37)</b>	<b>Classificação Econômica</b>
1	B2
6	C
12	D
18	E



**QUADRO 3 - QUANTIDADE DE ELETRODOMÉSTICOS E ELETROELETRÔNICOS QUE AS FAMÍLIAS COM (n=26) E SEM ENERGIA ELÉTRICA (n=11) POSSUÍAM**

<b>Itens do Questionário</b>	<b>Famílias com Energia Elétrica (%)</b>	<b>Famílias sem Energia Elétrica (%)</b>
Televisão a cores	61,5	0
Rádio	73,1	63,6
Banheiro	100	72,7
Automóvel	26,9	9,09
Empregada mensalista	0	0
Aspirador de pó	3,9	0
Máquina de lavar	57,7	0
Videocassete e / ou DVD	3,9	0
Geladeira	80,8	0
Freezer (aparelho independente ou parte da geladeira duplex)	26,9	0

**QUADRO 4 - GRAU DE INSTRUÇÃO DO CHEFE DE FAMÍLIA DAS RESIDÊNCIAS COM (n=26) E SEM ENERGIA ELÉTRICA (n=11)**

<b>Grau de Instrução do chefe de família</b>	<b>Famílias com Energia Elétrica (%)</b>	<b>Famílias sem Energia Elétrica (%)</b>
<b>Analfabeto / Primário incompleto</b>	34,6	45,5
<b>Primário completo / Ginásial incompleto</b>	38,5	36,3
<b>Ginásial completo / Colegial incompleto</b>	15,4	18,2
<b>Colegial completo / Superior incompleto</b>	11,5	0
<b>Superior completo</b>	0	0

### 3.1.4 Ciclo vigília/sono

Para obtenção de informações sobre o ciclo vigília/sono, os adolescentes preencheram um diário de sono (anexo 4), que são cadernos que incluem campos para registros de horários de dormir e acordar, como acontece o despertar (espontâneo ou induzido), o tempo dispendido acordado na cama, e a hora que tirou e colocou o actímetro durante o dia. Em cada caderno há uma página-treino para a demonstração o uso adequado do diário.

Além de preencher os diários, os adolescentes utilizaram actímetros de pulso (Ambulatory Monitoring. Inc.) durante sete dias consecutivos (ACEBO *et al.*, 1999). Esses actímetros são instrumentos semelhantes a acelerômetros que registram a atividade motora em intervalos de 1min (anexo 5). O actímetro foi colocado no pulso não dominante dos estudantes com uma pulseira e receberam a recomendação de que fosse retirado apenas para o banho. Quando o actímetro era retirado ou quando o estudante ia dormir era recomendado ao adolescente que apertasse um botão do actímetro. Esse botão é chamado de marcador de eventos (anexo 5).

Os dados obtidos pelo actímetro foram analisados através de um programa de computador (Action-W), o qual permitiu a obtenção de informações sobre horário de dormir e acordar, da duração e da eficiência do sono.

Para realização das comparações das médias das características do CVS dos adolescentes foi utilizado o teste estatístico two-way ANOVA. A presença de energia elétrica e o turno escolar foram considerados variáveis independentes. As médias obtidas foram comparadas através do Tukey's Significant Differences (HSD) Test (considerando  $\alpha = 0,05$ ).

A possível associação entre os horários de dormir com a idade dos adolescentes foi realizada através da Correlação de Spearman, considerando  $\alpha = 0,05$ .

### 3.1.5 Melatonina Salivar

Como marcador de fase circadiana foi utilizada a melatonina salivar. A concentração de melatonina na saliva foi determinada através da técnica de radioimunoensaio (Diagnostic Systems Laboratories Deutschland GmbH).

Em cada grupo a saliva foi coletada a partir das 19h15min, em intervalos de 30 minutos, até 22h15min. Nos grupos que estudavam no período vespertino a coleta foi realizada no primeiro dia da etapa. No grupo de alunos do período matutino a coleta foi realizada no último dia da etapa. Durante o período da coleta, os indivíduos ficaram sentados em uma sala assistindo a um filme em DVD, exibido em um aparelho de TV da escola. Durante toda a coleta a intensidade luminosa na altura dos olhos não excedeu 5 lux.

Nos dias de coleta da saliva foi oferecido, 30 minutos antes de cada coleta, lanche e suco aos participantes. Durante a coleta foi proibido o consumo de alimentos e bebidas como refrigerantes, café e bebidas alcoólicas. A ingestão de água era permitida.

As amostras de saliva foram coletadas através da introdução de um cilindro de poliéster na boca por aproximadamente dois minutos. Após este tempo, o cilindro era retirado e armazenado em um dispositivo suspenso de um tubo de centrífuga. Este instrumento é chamado de Salivette® (Sarstedt, Inc) (anexo 6). Após cada coleta, os Salivettes® com saliva foram imediatamente congelados em gelo seco e transportados para Curitiba na manhã posterior à coleta. Em Curitiba, o material foi centrifugado e congelado em freezer a temperatura de  $-20^{\circ}\text{C}$ , para posterior obtenção dos níveis de melatonina através da técnica de radioimunoensaio (Labor Diagnostika Nord GmbH & Co. KG, Nordhorn). Depois da centrifugação, o cilindro de poliéster e o dispositivo suspenso do Salivette® foram descartados.

A análise das amostras coletadas foi realizada através de radioimunoensaio no Instituto do Sono da UNIFESP, na cidade de São Paulo. As amostras foram enviadas para São Paulo por meio de transporte aéreo. Os dados obtidos pelo radioimunoensaio permitiram a identificação, para cada indivíduo, do horário de início da secreção de

melatonina (DLMO), que foi utilizado como marcador de fase circadiana. O DLMO foi definido como o horário no qual a concentração de melatonina alcançou um nível de 4 pg/mL (CARSKADON *et al.*, 1999), pois a melatonina da saliva reflete aproximadamente 40% do valor da melatonina do plasma (DEACON & ARENDT, 1994).

O DLMO para cada indivíduo foi obtido através de interpolação linear entre o horário da coleta correspondente ao nível de melatonina igual ou superior a 4 pg/mL e o horário imediatamente anterior.

O ângulo de fase ( $\psi$ ) entre o CVS e o ritmo de melatonina foi obtido pela diferença entre o horário de dormir e o DLMO.

### 3.1.6 Intensidade luminosa

A intensidade luminosa foi medida através da utilização de um luxímetro. Dados da literatura mostram que durante a coleta de saliva os sujeitos devem permanecer sob condições de baixa intensidade luminosa (10 lux) (PANDI-PERUMAL *et al.*, 2006), pois altas intensidades de luz podem mascarar o horário do início de secreção de melatonina.

Devido ao fato de possuímos apenas um luxímetro e de vários estudantes morarem em locais distantes e de difícil acesso, conseguimos obter a intensidade luminosa nas residências durante a noite somente de alguns indivíduos com e sem energia elétrica em sua residência.

Durante a coleta de saliva, a intensidade luminosa variava entre as fileiras de cadeiras dispostas na frente da TV, por isso ela foi medida em três posições diferentes: na primeira fileira (próximo à TV), na 2ª fileira (fileira central) e na 3ª fileira (última fileira), sempre na altura dos olhos dos adolescentes. Nas três posições (1ª fileira, 2ª fileira, 3ª fileira) a quantidade de lux obtida pelo luxímetro não foi maior que 5 lux (quadro 5).

**QUADRO 5 - INTENSIDADE LUMINOSA REGISTRADA DURANTE AS COLETAS DE SALIVA**

<b>Posições das cadeiras colocadas na frente da TV</b>	<b>Intensidade Luminosa (lux)</b>			
	<b>1ª Coleta</b>	<b>2ª Coleta</b>	<b>3ª Coleta</b>	<b>4ª Coleta</b>
<b>1ª Fileira</b>	3,9	4,5	3,6	4,2
<b>2ª Fileira</b>	2,8	3,1	2,5	2,9
<b>3ª Fileira</b>	2,1	1,5	1,7	1,7

### 3.2 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os quadros 6 e 7 mostram as variáveis dependentes (respostas) e independentes (fatores) que foram analisadas no estudo. As variáveis dependentes analisadas foram: horário de dormir, horário de acordar, duração e eficiência do sono. As variáveis independentes foram: a presença de energia elétrica nas residências, o turno escolar e os dias da semana.

O presente estudo relacionou as variáveis dependentes quantitativas com variáveis independentes qualitativas. Para isso, foram obtidos médias e respectivos desvios-padrão das variáveis quantitativas, que foram comparadas através de testes de comparação de médias (ANOVA). O quadro 8 apresenta as relações entre essas variáveis.

**QUADRO 6 - VARIÁVEIS DEPENDENTES (RESPOSTAS) OBTIDAS**

<b>Variável</b>	<b>Tipo</b>	<b>Definição</b>	<b>Unidade</b>
<b>Horário de dormir durante os cinco dias</b>	Quantitativa	Média do horário de dormir dos cinco dias.	Tempo em horas
<b>Horário de dormir durante os dias letivos</b>	Quantitativa	Média do horário de dormir dos três dias letivos.	Tempo em horas
<b>Horário de dormir no fim de semana</b>	Quantitativa	Média do horário de dormir dos dois dias do fim de semana.	Tempo em horas
<b>Horário de acordar durante os cinco dias</b>	Quantitativa	Média do horário de acordar dos cinco dias.	Tempo em horas
<b>Horário de acordar durante os dias letivos</b>	Quantitativa	Média do horário de acordar dos três dias letivos.	Tempo em horas
<b>Horário de acordar no fim de semana</b>	Quantitativa	Média do horário de acordar dos dois dias do fim de semana.	Tempo em horas
<b>Duração do sono noturno dos cinco dias</b>	Quantitativa	Média da duração do sono dos cinco dias.	Tempo em horas
<b>Duração do sono noturno durante os dias letivos</b>	Quantitativa	Média da duração do sono dos três dias letivos.	Tempo em horas
<b>Duração do sono no fim de semana</b>	Quantitativa	Média da duração do sono dos dois dias do fim de semana.	Tempo em horas
<b>Eficiência do sono dos cinco dias</b>	Quantitativa	Média da porcentagem do tempo de sono desde o horário de dormir até o horário de acordar durante os cinco dias.	Porcentagem (%)
<b>Eficiência do sono dos dias letivos</b>	Quantitativa	Média da porcentagem do tempo de sono desde o horário de dormir até o horário de acordar dos três dias letivos.	Porcentagem (%)
<b>Eficiência do sono no fim de semana</b>	Quantitativa	Média da porcentagem do tempo de sono desde o horário de dormir até o horário de acordar dos dois dias do fim de semana.	Porcentagem (%)
<b>Horário do início de secreção da melatonina (DLMO)</b>	Quantitativa	Horário do início da secreção de melatonina, obtido através da radioimunoensaio da melatonina salivar.	Pg/mL

**QUADRO 7 - VARIÁVEIS INDEPENDENTES (FATORES) OBTIDAS**

<b>Variável</b>	<b>Tipo</b>	<b>Definição</b>	<b>Categorias</b>
<b>Turno Escolar</b>	Qualitativa	Horário do turno escolar freqüentado pelos alunos.	M - Matutino N - Noturno
<b>Presença de Energia Elétrica</b>	Qualitativa	Presença de energia elétrica nas residências.	Com Sem
<b>Dias da Semana</b>	Qualitativa	Dias da semana a partir dos quais foram obtidas a variáveis dependentes.	L – Dias letivos F – Fim de semana

**QUADRO 8 - RELAÇÕES ENTRE AS VARIÁVEIS ANALISADAS**

<b>Respostas – Variáveis Dependentes</b>		
<b>Variáveis Independentes</b>	<b>Qualitativas</b>	<b>Quantitativas</b>
<b>Qualitativas</b>	Nenhuma	Todas
<b>Quantitativas</b>	Nenhuma	Nenhuma

## 4 RESULTADOS

### 4.1 INTENSIDADE LUMINOSA

As intensidades luminosas encontradas dentro das residências dos adolescentes com e sem energia elétrica na sua residência são mostradas no quadro 9. Como podemos observar, a intensidade luminosa nas residências sem energia elétrica, independente do cômodo da casa, não ultrapassou 2 lux. As fontes de luz das casas sem eletricidade visitadas eram, em geral, uma vela por cômodo, e nas casas com energia elétrica, lâmpadas incandescentes (quadro 9). Nas residências com eletricidade a quantidade média de lux na sala ou na cozinha variava de 29,5 a 85,6 lux e no quarto de 16,6 lux a 30,6 lux.

**QUADRO 9 - INTENSIDADE LUMINOSA NAS RESIDÊNCIAS COM E SEM ENERGIA ELÉTRICA DURANTE A NOITE**

Sujeito	Energia Elétrica	Fonte de Luz	Intensidade Luminosa (Lux)	
			Quarto	Cozinha / Sala
6	Com	Lâmpada	16,60	77,1
25	Com	Lâmpada	29,80	85,60
52	Com	Lâmpada	30,60	29,50
3	Sem	Vela	0,40	0,60
28	Sem	Vela	0,40	1,60



## 4.2 CICLO VIGÍLIA/SONO

As características do CVS dos adolescentes foram obtidas a partir dos actogramas dos adolescentes que são mostrados no anexo 7. Esses foram construídos a partir do programa Action-W, que identifica os episódios de sono e vigília. O período de sono é marcado com um traço vermelho pelo programa (anexo 7). Em algumas situações, o algoritmo do programa interpreta os episódios de vigília em repouso como sono. Nestes casos, utilizávamos as informações contidas no diário do sono para identificar essas ocorrências. Por este motivo, o diário e, principalmente, o marcador de evento do actímetro foram de extrema importância. Quando o marcador de eventos é acionado aparece no actograma uma ponta de seta azul (anexo 7).

Para cada variável do CVS foram obtidas três médias: uma média dos cinco dias consecutivos, uma média dos dias letivos (3 dias consecutivos), e uma média do fim de semana (2 dias consecutivos). As médias destes parâmetros foram comparadas através do teste two-way ANOVA.

Como já descrito na metodologia, a partir dos questionários respondidos e levando-se em consideração dois fatores, a presença de energia elétrica na residência e o turno escolar, foram formados quatro grupos para o estudo: 14 adolescentes sem energia elétrica nas suas residências, 5 do turno matutino e 9 do turno noturno e 34 adolescentes com energia elétrica nas suas residências, 18 do turno matutino e 16 do turno noturno. Para a realização da análise, os dados dos actímetros que foram utilizados inadequadamente ou apresentaram problemas e que, por estes motivos, não geraram ao menos cinco dias consecutivos de dados, foram excluídos (ACEBO *et al.*, 1999). Desta forma, obtivemos dados de 11 adolescentes sem energia elétrica em sua residência (5 do turno matutino e 6 do turno noturno), e de 26 adolescentes com energia elétrica (11 do turno noturno e 15 do turno matutino). As características e os padrões do sono dos 37 adolescentes são exibidos nos apêndices 1 e 2.

As médias das variáveis dependentes do CVS e os respectivos efeitos das variáveis independentes estão descritas no quadro 10. Quando analisamos os dados dos 5 dias consecutivos, a comparação das médias mostrou que a presença de energia elétrica

nas residências não apresentou efeito significativo sobre os horários de dormir e acordar, da duração e eficiência do sono. Nossos resultados mostraram que o turno escolar apresentou efeito significativo sobre os horários de dormir ( $F=14,9$ ;  $p < 0,001$ ) e de acordar ( $F=10,1$ ;  $p<0,01$ ) dos adolescentes. Os alunos do turno noturno apresentaram horários de dormir e acordar mais tardios quando comparados aos do turno matutino.

Durante os dias letivos, a análise de variância mostrou um efeito significativo da presença de energia elétrica nas residências sobre os horários de dormir dos adolescentes (quadro 10). Os estudantes com energia elétrica em suas residências apresentaram horários de dormir mais tardios quando comparados com aqueles que não possuíam eletricidade em suas residências durante a semana ( $F=4,83$ ;  $p<0,05$ ). Para o fator turno, o ANOVA mostrou diferenças significativas entre os horários de dormir ( $F=71,24$ ;  $p<0,001$ ), de acordar ( $F=14,7$ ;  $p<0,001$ ) e na duração ( $F=19,9$ ;  $p<0,001$ ) do sono dos adolescentes nos dias letivos. Os estudantes do turno noturno apresentaram horários de dormir e acordar mais tardios e uma menor duração do sono noturno quando comparados aos do turno matutino (quadro 10).

O teste estatístico detectou interação entre os fatores turno escolar e presença da energia elétrica nas residências durante os dias letivos ( $F=5,99$ ;  $p<0,05$ ). Por esse motivo, o teste não mostrou efeito da presença da energia elétrica sobre a duração do sono. Ao contrário do que ocorre com os alunos do turno matutino, os alunos do turno noturno com energia elétrica na sua residência dormiram mais tempo que os estudantes desse mesmo turno sem energia elétrica (quadro 10).

No fim de semana, nossos resultados mostraram que a presença de energia elétrica nas residências não apresentou efeito significativo sobre os horários de dormir e de acordar, nem na duração e eficiência do sono dos adolescentes. Foi detectado um efeito do turno escolar apenas sobre a duração do sono ( $F=5,23$ ;  $p<0,05$ ). Os adolescentes do turno noturno dormiram mais no fim de semana quando comparados aos adolescentes do turno matutino (quadro 10).

Através do ANOVA para amostras repetidas comparamos os horários de dormir e de acordar, a duração e a eficiência do sono dos estudantes do turno noturno e do matutino, com e sem energia elétrica na sua residência durante os dias letivos e o fim de semana. Os resultados obtidos mostraram que o turno escolar tem um efeito significativo sobre os horários de dormir e da duração do sono dos adolescentes. Os estudantes do turno noturno com e sem energia elétrica na sua residência dormiram aproximadamente 2 horas mais cedo no fim de semana ( $F=13,2$ ;  $p<0,001$ ). Como praticamente não houve diferenças no horário de acordar, a duração de sono durante o fim de semana foi estendida neste grupo ( $F=41,5$ ;  $p<0,001$ ). A análise estatística não detectou efeito significativo para a presença de energia elétrica nas residências.

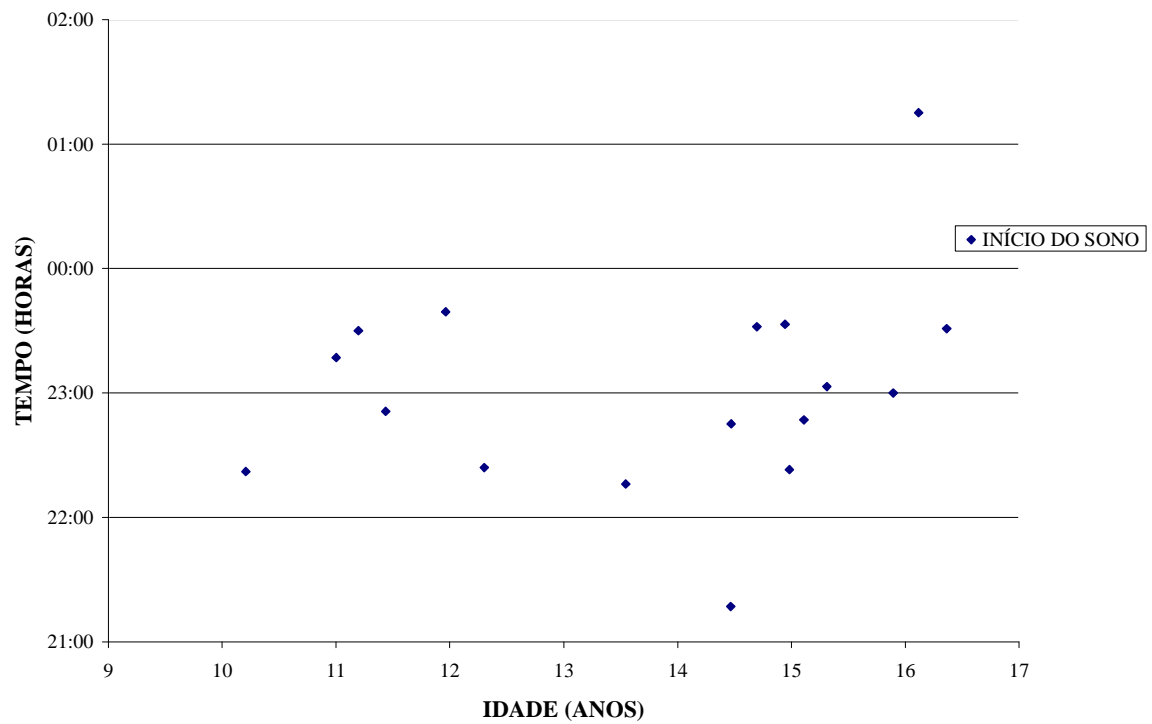
As figuras 6 e 7 mostram os horários de dormir de acordo com as idades dos sujeitos do turno noturno e do matutino. Não identificamos correlação significativa entre horários de dormir com a idade dos estudantes do turno matutino (Spearman  $r = 0,13$ ;  $p = 0,59$ ) nem do turno noturno (Spearman  $r = 0,28$ ;  $p = 0,28$ ). Em outras palavras, em nossos resultados não foi observada uma tendência ao atraso dos horários de dormir nos adolescentes mais velhos.

**QUADRO 10 - PADRÕES DO SONO DOS 37 ADOLESCENTES**

<b>Variáveis</b>		<b>Turno Matutino</b>		<b>Turno Noturno</b>	
		Sem energia elétrica na sua casa (n=5)	Com energia elétrica na sua casa (n=15 )	Sem energia elétrica na sua casa (n=6)	Com energia elétrica na sua casa (n=11 )
<b>Horário de dormir (h:min)</b>	Cinco dias	21:05 (1:24)	21:56(1:06)	22:40 (0:47)	23:13 (0:51)
	Dias letivos	20:38 (0:50)	21:51(1:02)	23:46 (0:26)	23:53 (0:44)
	Fim de Semana	21:46 (2:17)	22:04 (1:19)	21:01 (1:30)	22:13 (1:15)
<b>Horário de acordar (h:min)</b>	Cinco dias	6:33 (0:50)	6:43 (0:31)	7:11 (0:47)	7:55 (0:64)
	Dias letivos	6:24 (0:46)	6:36 (0:30)	7:22 (0:55)	7:58 (1:09)
	Fim de Semana	6:46 (0:59)	6:53 (0:43)	6:54 (0:48)	7:50 (0:59)
<b>Duração do Sono (min)</b>	Cinco dias	569 (59,50)	528 (41,71)	512 (52,74)	524 (52,51)
	Dias letivos	587 (40,56)	526 (49,44)	457 (48,37)	488 (60,66)
	Fim de Semana	541 (94,59)	531 (40,55)	594 (75,39)	578(57,70)
<b>Eficiência do Sono (%)</b>	Cinco dias	91,15 (7,00)	93,39(4,41)	95,00 (1,75)	93,00 (4,52)
	Dias letivos	90,94 (7,00)	94,00 (4,40)	95,13 (2,00)	92,58 (4,72)
	Fim de semana	91,47 (7,31)	92,73 (5,76)	94,32 (5,76)	93,56 (4,60)

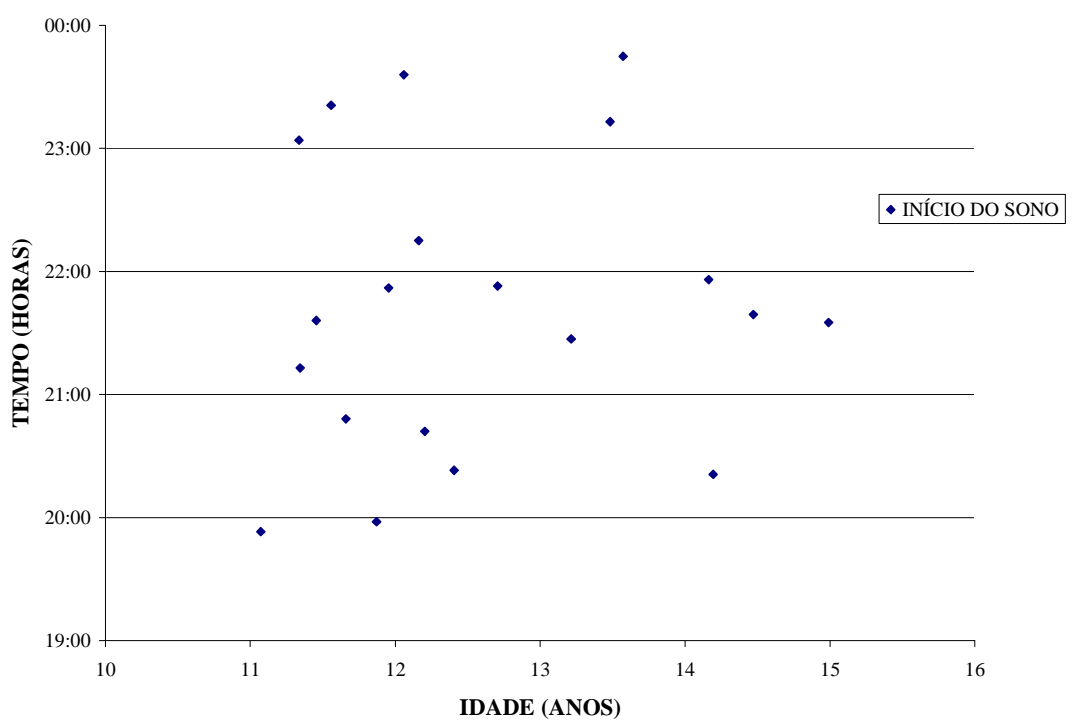
Valores representam médias  $\pm$  desvio padrão.

**FIGURA 6 – MÉDIAS DOS HORÁRIOS DE DORMIR DOS 5 DIAS CONSECUTIVOS DOS ADOLESCENTES DO TURNO NOTURNO DE ACORDO COM A IDADE**



LEGENDA: NO EIXO X ESTÃO REPRESENTADOS AS IDADES E NO Y O TEMPO EM HORAS.

**FIGURA 7 – MÉDIAS DOS HORÁRIOS DE DORMIR DOS 5 DIAS CONSECUTIVOS DOS ADOLESCENTES DO TURNO MATUTINO DE ACORDO COM A IDADE**



LEGENDA: NO EIXO X ESTÃO REPRESENTADOS AS IDADES E NO Y O TEMPO EM HORAS.

#### 4.3 MELATONINA COMO MARCADOR CIRCADIANO

Foram obtidas amostras dos 23 alunos do turno matutino e de 24 alunos do turno noturno (uma aluna sem energia elétrica não compareceu no dia da coleta). A disponibilidade de “kits” para a realização do radioimunoensaio foi insuficiente para a dosagem de todas as amostras. Para a escolha dos participantes que teriam as amostras analisadas, inicialmente selecionamos aqueles 37 dos quais obtivemos registros satisfatórios dos dados do ciclo vigília/sono. Quando uma ou mais amostras de saliva de um mesmo sujeito não apresentavam quantidade suficiente de saliva para a realização da dosagem, o participante era excluído. Desta forma, foram enviadas para análise de radioimunoensaio amostras de 28 sujeitos, sendo que 5 apresentaram problemas durante a análise, devido à quantidade insuficiente de saliva ou contaminação não identificada da amostra. Assim, foram analisados os dados de 23 alunos.

Os resultados foram separados em quatro grupos, formados de acordo com as variáveis independentes do estudo: 13 adolescentes do turno matutino, 4 sem energia elétrica em sua residência (G1) e 9 com energia elétrica em sua residência (G2); 10 do turno noturno, 4 sem energia elétrica em sua residência (G3) e 6 com energia elétrica em sua residência (G4). O horário do DLMO de cada adolescente é mostrado na figura 8.

Devido ao pequeno número de sujeitos, o teste estatístico não foi realizado nos dados relativos ao DLMO. As médias do horário de dormir, de acordar e do início de secreção da melatonina obtidas para os quatro grupos são mostradas na tabela 2. As médias obtidas mostraram uma tendência do DLMO ocorrer mais tarde para os adolescentes do grupo G4 quando comparados aos outros 3 grupos. Os grupos com energia elétrica nas residências apresentaram uma tendência a apresentar DLMO mais tardios quando comparados aos adolescentes sem energia elétrica do mesmo turno escolar.

Os estudantes de G3 ( $\psi$  : 1:54 h  $\pm$  01:12) e G4 ( $\psi$  : 02:11 h  $\pm$  00:36) apresentaram ângulos de fase entre o horário de dormir e o DLMO maiores quando comparados aos

alunos dos grupos G1 e G2 (FIG. 9). Em outras palavras, o turno noturno provocou um atraso do horário de dormir que não foi acompanhado por um atraso de mesma magnitude do DLMO.

A figura 10 representa uma síntese dos resultados obtidos para os 23 adolescentes.

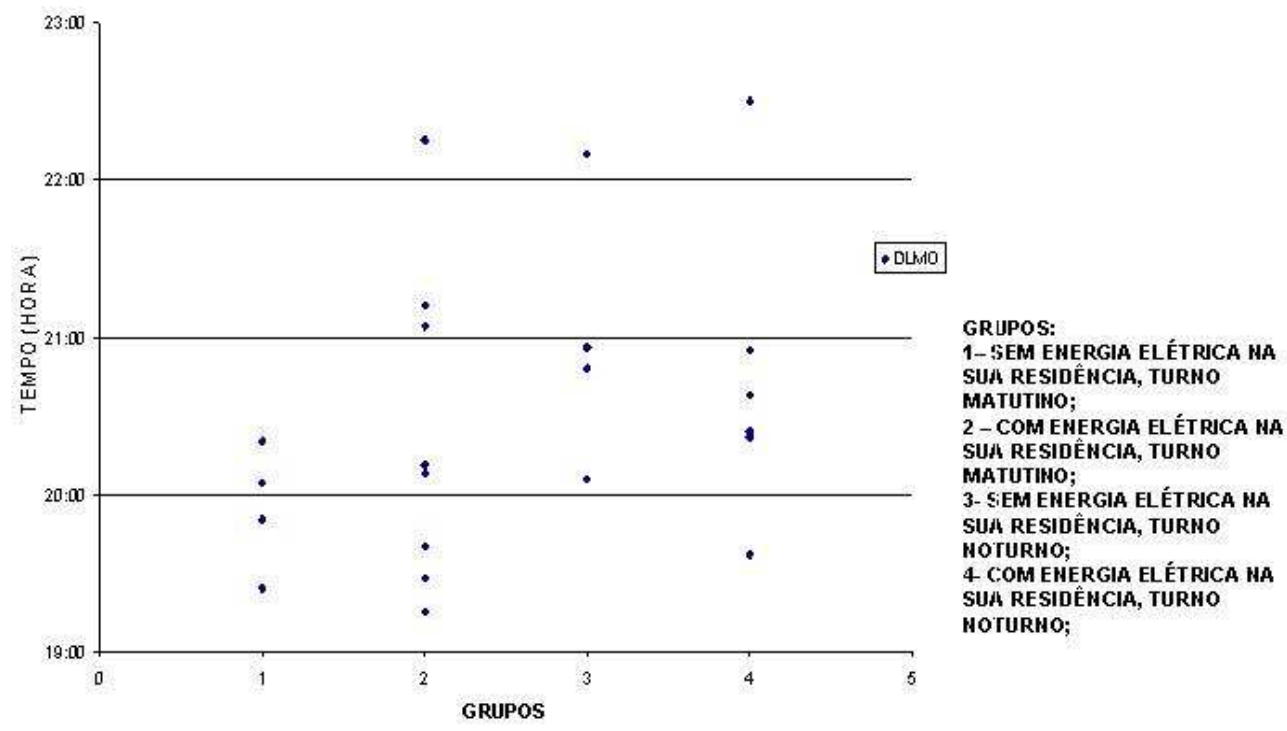
**TABELA 2 - HORÁRIOS DE DORMIR, DE ACORDAR E DO INÍCIO DE SECREÇÃO DA MELATONINA OBTIDOS PARA OS QUATRO GRUPOS**

Variáveis	Turno Matutino		Turno Noturno	
	Sem energia elétrica na sua residência (G1)	Com energia elétrica na sua residência (G2)	Sem energia elétrica na sua residência (G3)	Com energia elétrica na sua residência (G4)
<b>Horário de dormir (h:min)</b>	21:22 (1:26).	21:32 (0:49)	22:43 (0:59)	23:17 (0:61)
<b>Horário de acordar (h:min)</b>	06:51 (0:33).	06:31 (0:24)	06:49 (0:40)	07:40 (0:54)
<b>DLMO</b>	20:10 (0:48).	20:19 (0:57)	20:23 (0:27)	20:41 (0:55)

Valores representam médias  $\pm$  desvio padrão

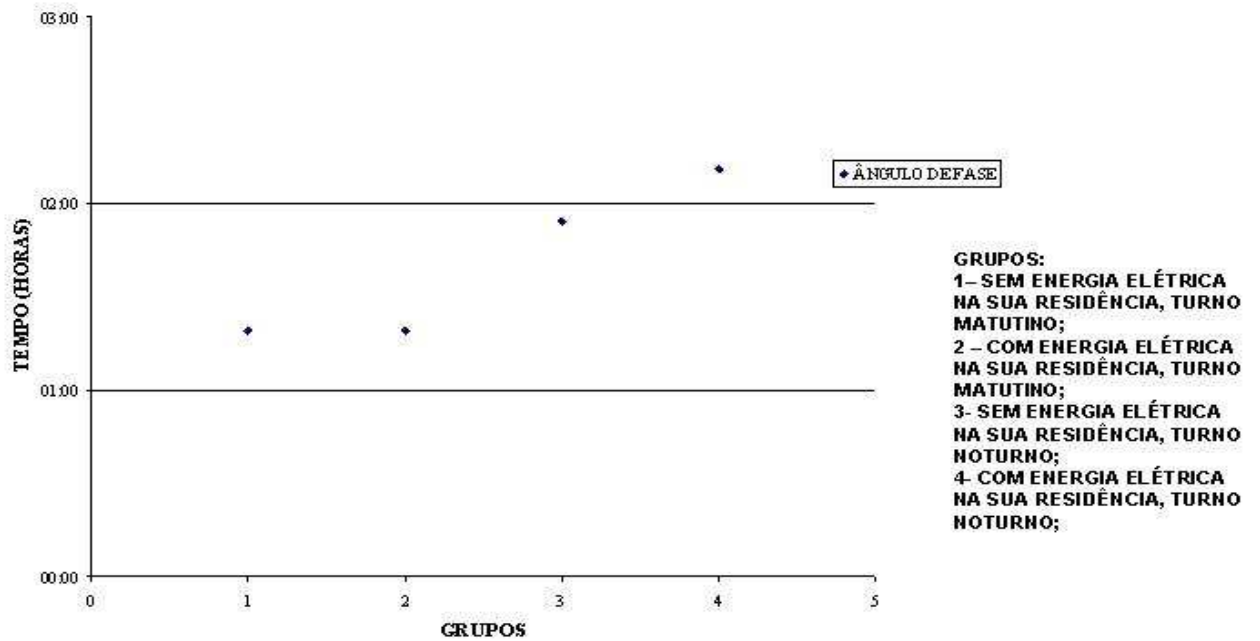


**FIGURA 8 - DLMO DOS 23 ADOLESCENTES**



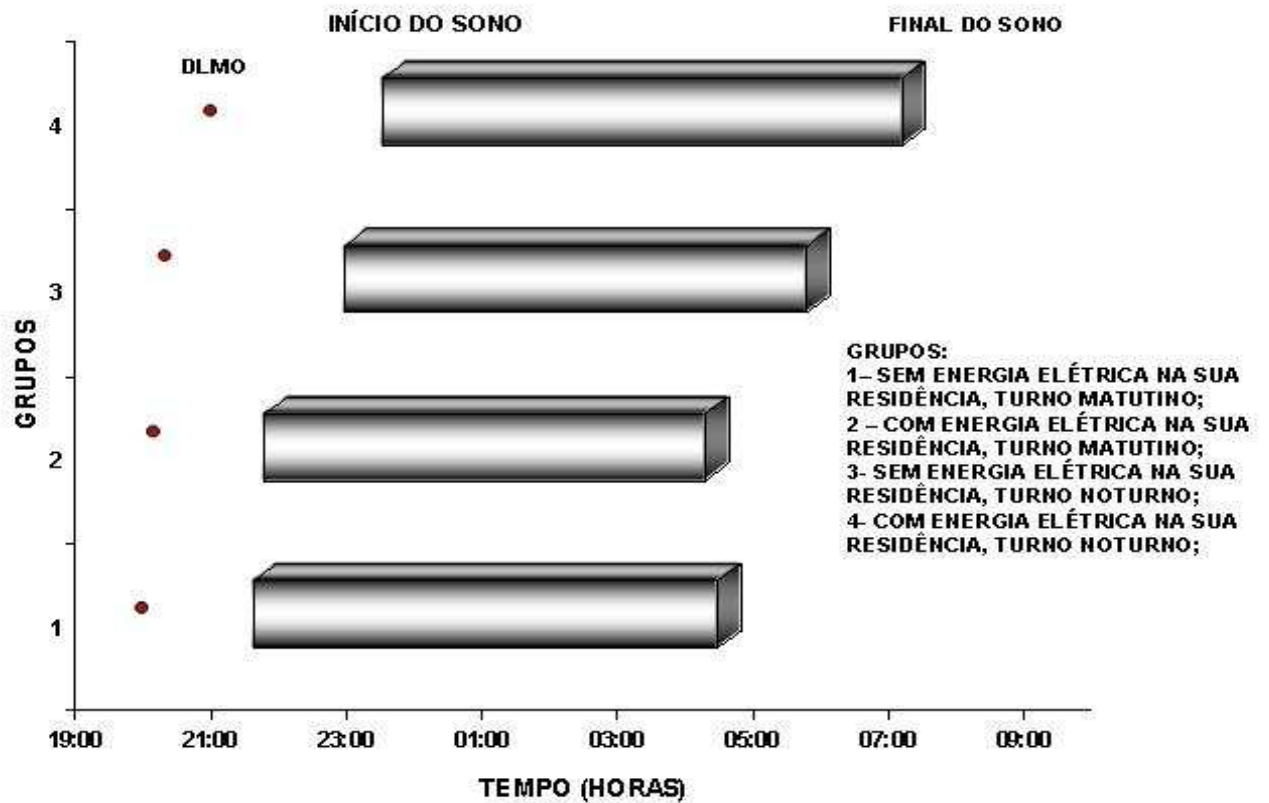
LEGENDA: NO EIXO X ESTÃO REPRESENTADOS OS QUATRO GRUPOS E NO Y O TEMPO EM HORAS. OS PONTOS REPRESENTAM O HORÁRIO DE INÍCIO DE SECREÇÃO DA MELATONINA.

FIGURA 9 - ÂNGULO DE FASE DOS QUATRO GRUPOS



LEGENDA: NO EIXO X ESTÃO REPRESENTADOS OS QUATRO GRUPOS E NO Y O TEMPO EM HORAS. OS PONTOS REPRESENTAM OS ÂNGULOS DE FASE.

**FIGURA 10 - DLMO, HORÁRIOS DO INÍCIO E FINAL DO SONO DOS QUATRO GRUPOS**



LEGENDA: AS BARRAS REPRESENTAM OS VALORES MÉDIOS DA DURAÇÃO DO SONO NOTURNO, DOS HORÁRIOS DE INÍCIO E DO FINAL DO SONO NOTURNO. OS PONTOS REPRESENTAM OS HORÁRIOS MÉDIOS DO INÍCIO DE SECREÇÃO DE MELATONINA PARA CADA GRUPO.

## 5 DISCUSSÃO

De acordo com nossa hipótese inicial, os adolescentes sem energia elétrica em suas residências apresentariam horários de dormir mais precoces do que aqueles adolescentes com energia elétrica. Há inúmeras evidências, na literatura, que a exposição à luz e a estímulos relacionados com a presença de energia elétrica na residência, como por exemplo, a TV, o *videogame* e o uso do computador (jogos e Internet), são capazes de modificar a expressão dos ritmos biológicos (DAHL & CARSKADON, 1995; GAU & SOONG, 2003; JOHNSON *et al.*, 2004; VAN DEN BULCK, 2004).

Os adolescentes da população estudada freqüentavam dois turnos escolares, o turno matutino e o noturno. Por este motivo, o turno escolar também foi considerado um fator em nossa análise, já que os horários escolares são capazes de atuar como sincronizadores da ritmicidade biológica (MELLO *et al.*, 2001).

O nosso estudo mostrou uma significativa influência dos horários escolares sobre as características do CVS dos adolescentes. Durante os dias letivos, os adolescentes do turno matutino dormiram e acordaram mais cedo quando comparados aos estudantes do turno noturno. Estas diferenças poderiam ser explicadas, ao menos parcialmente, pelas diferenças nos horários aos quais os dois grupos estavam expostos à luz. Durante a semana, os alunos do turno matutino são expostos à luz do sol pela manhã logo nas primeiras horas do dia devido ao horário de início das aulas. A exposição à luz pela manhã poderia ocorrer num horário próximo a porções mais sensíveis da curva de resposta de fase (KHALSA *et al.*, 2003; REVELL & EASTMAN, 2005) e estar associada a um avanço nos ritmos circadianos. Os estudantes do turno noturno apresentaram, por sua vez, horários de dormir e acordar mais tardios quando comparados aos alunos do turno matutino. Esse atraso nos padrões de sono aconteceria pelo fato desses adolescentes serem expostos à luz artificial à noite, durante o horário das aulas, e como resultado desta exposição, ocorreria um atraso de fase do sono.

Entretanto, a expressão da ritmicidade biológica também está sujeita à influência de outros sincronizadores ambientais. No caso da espécie humana, além do ciclo claro-escuro, os sincronizadores sociais apresentam um papel importante. Indivíduos submetidos a horários de trabalho ou escolares mais rígidos tenderiam a expressar ritmos com características mais semelhantes (LOUZADA *et al.*, 1996). Os nossos dados não permitem uma distinção se as diferenças observadas estão relacionadas a um efeito de modificações na exposição à luz ou a um efeito dos sincronizadores não fóticos sobre o sistema de temporização (MISTLBERGER & SKENE, 2003).

Nos resultados do presente estudo, a possível influência dos sincronizadores sociais pode ser observada quando os horários de dormir nos dias letivos e no fim de semana são comparados. Como já discutido anteriormente, nos dias letivos os adolescentes do turno noturno dormiram e acordaram mais tarde quando comparados aos adolescentes do turno matutino. Quando comparamos os resultados do fim de semana, os padrões do sono ficam muito semelhantes, independentemente do turno escolar. Os horários de dormir dos adolescentes noturno são avançados em relação aos dias letivos.

Nossos resultados também mostraram uma influência da presença de energia elétrica nas residências nos padrões de sono dos adolescentes. Durante os dias letivos, a presença da energia elétrica nas residências estava associada a um atraso no horário de dormir dos adolescentes do turno matutino com energia elétrica na sua residência, o qual não foi acompanhado por um atraso no final do sono devido aos horários escolares. Por essa razão, os estudantes do turno matutino com energia elétrica na sua residência apresentaram uma redução na duração do sono noturno durante os dias letivos.

Os adolescentes do turno noturno com e sem energia elétrica na sua residência nos dias letivos iam dormir em horários semelhantes, provavelmente, devido ao horário de término das aulas e do tempo que eles levavam para chegar em casa depois da aula. Como já dito, as aulas do turno noturno terminavam às 22h30min, e 5 dos 6 alunos que não possuíam energia elétrica na sua residência do turno noturno iam para a escola de ônibus e levavam no mínimo 30 minutos para chegar em casa depois da aula. Dos 11

adolescentes com energia elétrica na sua residência apenas 4 iam à escola de ônibus. Então, mesmo que os adolescentes com energia elétrica ficassem acordados depois que chegassem em casa, os estudantes sem energia elétrica, por causa do tempo que levavam no ônibus, acabavam indo para a cama em horários não muito diferentes dos com energia elétrica. Por outro lado, os adolescentes do turno noturno com energia elétrica mostraram uma tendência ao atraso dos horários de acordar e uma maior duração do sono noturno. É mais provável que essa tendência ao atraso dos horários de acordar esteja associada aos horários de trabalho do que à presença de energia elétrica em suas residências, pois todos os alunos sem energia elétrica na sua residência deste turno trabalhavam e nem todos os com energia elétrica trabalhavam. Os adolescentes que não trabalhavam ficavam livres em relação aos seus horários de acordar, e acabavam permanecendo mais tempo na cama.

Quando comparamos os dados do fim de semana e dos dias letivos notamos que os adolescentes do nosso estudo não apresentaram o padrão de restrição-extensão observado por outros autores em seus estudos com adolescentes que vivem no ambiente urbano (LOUZADA & MENNA-BARRETO, 2003; WOLFSON & CARSKADON, 2003). Em geral, os adolescentes apresentam os horários de dormir e acordar ocorrendo mais tardiamente no fim de semana, associados a uma extensão da duração, pois a magnitude do atraso do horário de acordar é maior. Em nossa população, ao contrário, os estudantes com energia elétrica mostraram um avanço do horário de dormir no fim de semana.

Para a realização da análise da fase circadiana do sono em humanos o ritmo da melatonina no plasma ou na saliva tem sido utilizado como uma ferramenta por vários pesquisadores (CARSKADON, 1999; LEWY *et al.*, 1999; ZEITZER *et al.*, 2000; JENNI *et al.*, 2005; DUFF *et al.*, 2006). No nosso estudo utilizamos a melatonina salivar para acessar a fase do marcapasso circadiano. Como mencionado em estudos anteriores (LEIBENLUFT *et al.*, 1996) a coleta da melatonina salivar foi um método de fácil aceitação pelos participantes do estudo.

A saliva foi coletada das 19h15min até às 22h15min, a cada 30 minutos, para acessar o horário do início de secreção da melatonina. Levando em consideração que o

DLMO ocorre uma ou duas horas antes do início do sono noturno e que tínhamos estudantes freqüentando turnos diferentes, matutino e noturno, as coletas deveriam ter sido iniciadas mais cedo e finalizadas mais tarde. Se tivéssemos começado as coletas mais cedo, talvez tivéssemos flagrado com maior precisão o horário do início de secreção da melatonina nos estudantes do turno da manhã, já que esses alunos iam para a cama em torno das 21h nos dias letivos.

Tem sido recomendado, para os estudos nos quais o ritmo de melatonina é utilizado como marcador de fase circadiana, que a exposição à luz fraca durante a coleta (< 10 lux) seja iniciada de 1 a 2 horas antes do horário do início de secreção da melatonina (LEWY *et al.*, 1984). Isto implica que, mesmo mantendo a luminosidade durante a coleta abaixo de 5 lux, a exposição dos alunos à luz fraca deveria ter sido iniciada às 18h. No nosso caso isso não ocorreu porque os adolescentes chegavam à escola por volta deste horário e ingressavam no local da coleta após as 18h30min.

Da mesma, forma, caso tivéssemos prolongado a coleta por mais uma hora, teríamos flagrado com maior precisão a fase circadiana dos adolescentes que freqüentaram o turno escolar noturno, já que esses alunos dormiram ao redor das 23h30min nos dias letivos. Entretanto, devido a questões logísticas de transporte dos estudantes e do local para realização das coletas, não foi possível antecipar ou atrasar os horários de coleta de saliva. Como já mencionado as coletas eram realizadas na biblioteca da escola.

Apesar dos problemas comentados anteriormente, os resultados obtidos mostraram uma leve tendência para um atraso no DLMO dos adolescentes com energia elétrica do turno noturno quando comparados com os outros três grupos. Provavelmente esse atraso no DLMO do grupo do turno noturno com energia elétrica em sua residência estaria ocorrendo porque os estudantes desse grupo permaneciam mais tempo expostos à luz artificial de intensidade moderada à noite devido ao horário que as aulas terminavam e a exposição à luz artificial depois que esses estudantes chegavam em casa (ZEITZER *et al.*, 2000).

O efeito dos estímulos sociais fica mais evidente quando comparamos as médias do horário do início de secreção da melatonina dos adolescentes do turno noturno com as médias do turno matutino. Os adolescentes do turno noturno apresentam um DLMO mais tardio quando comparados aos adolescentes do turno matutino, mostrando o efeito arrastador do turno escolar sobre os ritmos circadianos. Essa tendência ao atraso no DLMO dos adolescentes do turno noturno é acompanhada de um atraso dos horários de dormir desses alunos durante os dias letivos. O horário de dormir dos adolescentes do turno noturno acontece de 1 a 2 horas após que o horário do início de secreção da melatonina.

Quando analisamos o efeito da energia elétrica sobre o sistema de temporização, observamos uma tendência ao atraso no DLMO dos adolescentes com energia elétrica quando comparados com os sem energia do mesmo turno escolar. Esta tendência sugere que a presença de energia elétrica nas residências, além de atrasar os horários do sono dos estudantes com energia elétrica durante os dias letivos, também afetaria o sistema de temporização, modificando a sua fase.

A inexistência de uma associação entre a idade e os horários de dormir sugerem que não haveria uma tendência dos adolescentes mais velhos apresentarem atraso no horário de dormir. Poderíamos supor que esta tendência, observada na maioria dos trabalhos anteriores (FERBER, 1990; CARSKADON, 1993; ANDRADE *et al.*, 1993) não estaria presente em nossa população. No entanto, os dados disponíveis não nos permitem afirmar que esse atraso não acontece, pois não sabemos se o desenvolvimento puberal ocorreu na mesma idade nesses estudantes, já que o estagiamento puberal não foi realizado.

Os nossos resultados corroboram a idéia de que a presença da energia elétrica nas residências, a qual permite a utilização de recursos tecnológicos, está associada ao atraso de fase do sono que ocorre durante adolescência. O efeito da luz artificial sobre a expressão da ritmicidade biológica poderia ocorrer através de uma influência direta sobre o sistema de temporização circadiana, promovendo uma alteração na fase dos ritmos biológicos (BAEHR *et al.*, 1999) ou por meio de uma influência indireta, possibilitando a utilização de aparelhos eletrodomésticos que permitem a realização de



atividades que estimulam a vigília. Porém, os dados disponíveis não permitem distinguir esses efeitos da presença da energia elétrica nos padrões do sono dos adolescentes.

A partir de nossos resultados, poderíamos supor, também, que a redução da duração de sono observada na população humana no último século está associada ao advento de energia elétrica e das conseqüentes mudanças do modo de vida das pessoas.

Vale a pena destacar que, em nosso estudo, as mudanças no modo de vida dos estudantes depois da instalação da energia elétrica não foram significativas. A população estudada é de baixo poder aquisitivo. Por esse motivo, mesmo entre os adolescentes que possuíam energia elétrica nenhum deles tinha em casa computador, *videogame* e nem todos possuem TV. Os adolescentes com energia elétrica relatavam que mesmo tendo energia em casa “*eles não tinham nada para fazer*” depois que o dia escurecia, por isso acabavam indo para a cama mais cedo. Uma possível hipótese é que as diferenças observadas entre os adolescentes com e sem energia elétrica na sua residência seriam maiores se todos os estudantes com energia elétrica possuísem Internet, *videogame* e TV em casa (JOHNSON *et al.*, 2004; VAN DEN BULCK, 2004).

Uma das conseqüências da privação parcial do sono em adolescentes é a sonolência diurna (WOLFSON & CARSKADON, 1998; CARSKADON, 1990). A duração do sono noturno durante a semana dos estudantes com e sem energia elétrica na sua residência foi maior ou igual à 8h30min. A maioria deles relatou que acordava sozinho tanto nos dias letivos quanto no fim de semana, o que nos permite supor que esses adolescentes não eram privados de sono da mesma forma que aqueles adolescentes de populações urbanas que já foram estudados (CARSKADON *et al.*, 1980).

Os resultados não identificaram efeito de nenhum dos fatores estudados sobre a eficiência do sono. A eficiência do sono poderia flagrar comprometimento da qualidade do sono. Aparentemente, ao menos de acordo com os dados obtidos a partir da actimetria, a presença da energia elétrica nas residências e os dois turnos escolares não comprometeram a eficiência do sono da população estudada.

Por mais que a dicotomia biológico/social em estudos de análise do comportamento humano necessite ser superada, ela está bastante presente nos trabalhos que têm como objetivo compreender as origens do atraso de fase na adolescência. No início da década de 90, foi demonstrada uma associação entre os estágios puberais e o atraso na expressão dos ritmos biológicos. Adolescentes mais maduros apresentam horários de dormir mais tardios quando comparados com adolescentes mais precoces (CARSKADON *et al.*, 1993). Outros autores mostram a importância dos fatores sociais na compreensão do fenômeno (DAHL & CARSKADON, 1995; GAU & SOONG, 2003; JOHNSON *et al.*, 2004; VAN DEN BULCK, 2004).

O presente estudo identificou possíveis fatores sócio-culturais envolvidos na expressão da ritmicidade biológica durante a adolescência. Os resultados deste trabalho, somado a estudos com populações urbanas e rurais (LOUZADA & MENNA-BARRETO, 2003) e em uma comunidade indígena (TORRES, 2005), mostram uma importante influência dos fatores socioculturais na expressão do atraso de fase. Populações urbanas, principalmente as que têm maior acesso a recursos tecnológicos, apresentam um atraso do sono de maior magnitude quando comparadas a outras populações. Poderíamos afirmar que durante o desenvolvimento puberal a espécie humana é mais sensível aos estímulos capazes de promover atrasos nos ritmos biológicos.

## 5.1 DIFICULDADES APRESENTADAS NA OBTENÇÃO DOS DADOS E LIMITAÇÕES DO ESTUDO

→ Número de participantes do estudo: nos últimos anos no nosso país, o número de casas na área rural com energia elétrica tem aumentado e, conseqüentemente, tem ocorrido uma redução do número de famílias para serem estudadas com o nosso propósito.

→ Clima: nos dias de chuva, as condições das estradas pioraram e o acesso à escola era dificultado porque o ônibus de transporte escolar não conseguia chegar em

algumas residências, resultando em faltas escolares. Chuvas fortes ocorreram em dias da coleta, exigindo mudanças no cronograma de coleta de dados e na permanência do actímetro com o adolescente por período de duas semanas. Por esse motivo alguns actígrafos apresentaram problemas técnicos, provocando perda de dados e exigindo exclusão de alguns indivíduos do estudo.

→ Localização: Adrianópolis é um município que fica a cerca de 130 km de Curitiba - PR. O acesso a partir de Curitiba é obtido por trajeto inicial em rodovia asfaltada e, depois, por uma estrada de terra bastante sinuosa e que, no momento da coleta, estava começando a ser pavimentada. Isso aumentou de forma significativa o tempo de viagem. A Escola Municipal João Gonçalves de Almeida é localizada no bairro Porto Novo, zona rural de Adrianópolis e dista cerca de 1 hora da sede do município, com acesso também por estrada de terra.

## 5.2 PERSPECTIVAS

Como discutido anteriormente, nossos resultados sugerem que a presença de energia elétrica na residência está associada ao atraso de fase do sono que ocorre durante adolescência. Existem poucos estudos nos quais se procura estabelecer relações entre a presença da energia elétrica na residência e o uso de tecnologia disponibilizado pela mesma e os padrões de sono de adolescentes. Autores mostram que o uso da televisão, da Internet e de jogos de computador podem estar associados a alterações no comportamento do sono (JOHNSON *et al.*, 2004; VAN DEN BULCK, 2004).

Seria útil realizar um estudo longitudinal na população estudada para analisarmos se ocorre um atraso de fase do sono nesses adolescentes. TORRES (2005) em um estudo longitudinal com adolescentes indígenas detectou um atraso da fase do sono e do ritmo da temperatura oral no grupo estudado. Outro estudo importante seria comparar os padrões do ciclo vigília/sono entre adolescentes com energia elétrica na sua residência que possuem TV com os que não possuem TV. OWENS e cols. (1999),

em estudo realizado com crianças até 10 anos de idade, mostram um impacto negativo do hábito de assistir televisão sobre a qualidade do sono das crianças.

A continuidade desta pesquisa após a implantação da energia elétrica nas residências seria interessante para observar mais detalhadamente se ocorrem mudanças no estilo de vida dos adolescentes associadas ao novo estímulo noturno. LOUZADA e col. (2004) não observaram mudanças significativas no modo de vida de uma adolescente depois da instalação de energia elétrica em sua residência.

Estudos mostram que há uma tendência dos adolescentes mais velhos apresentarem um atraso no horário de dormir (FERBER, 1990; CARSKADON, 1993; ANDRADE, *et al.*, 1993), fato que não foi observado nos adolescentes da população estudada. A realização do estagiamento puberal dos estudantes da área rural sem energia elétrica seria de grande valia para investigar se o atraso do sono está relacionado com o desenvolvimento puberal nesses adolescentes. A avaliação clínica para identificação do estágio de amadurecimento puberal dos adolescentes é difícil de ser realizada, uma vez que existe muita resistência por parte dos pais e dos sujeitos. LOUZADA (2000) através de entrevistas com professores e alunos constatou uma resistência por parte dos pais para a realização de uma avaliação clínica para identificação do estágio de amadurecimento puberal dos adolescentes em uma população rural. Já a avaliação através do questionário de auto-avaliação do estágio puberal é mais fácil de ser consentida pelos pais e pelos adolescentes, porém ele precisaria ser validado para essa população.

O efeito mais direto da insuficiência de sono é a sonolência diurna durante atividades de baixa estimulação, como prestar atenção às aulas, dirigir ou desenvolver atividades repetitivas (DAHL & LEWIN, 2002). No nosso estudo, a sonolência diurna dos adolescentes não foi avaliada. Recentemente, nosso grupo de pesquisa começou a utilizar um método objetivo de avaliação da sonolência diurna, o Palm – PVT (Teste de Vigilância Psicomotora) (DINGES & POWELL, 1985), o qual deverá ser utilizado em estudos futuros.

## 6 CONCLUSÕES

Neste estudo avaliamos os efeitos da presença da energia elétrica na ritmicidade circadiana dos adolescentes com e sem energia elétrica na sua residência. A partir dos resultados obtidos conclui-se que:

- Os nossos resultados corroboram a idéia de que a presença da energia elétrica nas residências, a qual permite a utilização de recursos tecnológicos, está associada ao atraso de fase do sono que ocorre durante adolescência.
- A presença de energia elétrica nas residências, além de atrasar os horários de dormir dos estudantes com energia elétrica durante os dias letivos, também envolve o sistema de temporização, tendendo a atrasar os horários de início de secreção da melatonina dos adolescentes com energia elétrica na sua residência.
- O turno escolar além de apresentar uma forte influência nos padrões do sono dos adolescentes durante os dias letivos, também possui um efeito arrastador ao atrasar o horário de início de secreção da melatonina dos estudantes do turno noturno.
- Intervenções para minimizar o impacto do atraso de fase do sono na adolescência devem levar em consideração a interação entre os fatores biológicos e sócio-culturais que afetam os padrões de sono.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACEBO, C.; SADEH, A.; SEIFER, R.; TZISCHINSKY, O.; WOLFSON, A. R.; HAFFER, A.; CARSKADON, M. A. **Estimating sleep patterns with activity monitoring in children and adolescents: how many nights are necessary for reliable measures?** Sleep, 22 (1): 95-103. Erratum in: Sleep, 22: 143, 1999.

ARCHER, S. N.; ROBILLIARD, D. L.; SKENE, D. J.; SMITS, M.; WILLIAMS, A.; ARENDT, J.; VON SCHANTZ, M. **A length polymorphism in the circadian clock gene Per3 is linked to delayed sleep phase syndrome and extreme diurnal preference.** Sleep, 26 (4): 413-5, 2003.

ACHERMANN, P.; DIJK, D. J.; BRUNNER, D. P.; BORBELY, A. A. **A model of human sleep homeostasis based on EEG slow wave activity: quantitative comparison of data and simulations.** Brain Res. Bull, 31: 97-113, 1993.

ACHERMANN, P. & BORBÉLY, A. A. **Simulation of daytime vigilance by the additive interaction of a homeostatic and a circadian process.** Biol. Cybern., 71: 115-121, 1994.

AMIR, S. & STEWART, J. **Resetting of the circadian clock by a conditioned stimulus.** Nature, 379: 542 –545, 1996.

AOKI, H.; YAMADA, N.; OZEKI, Y.; YAMANE, H.; KATO, N. **Minimum light intensity required to suppress nocturnal melatonin concentration in human saliva.** Neurosci. Lett., 252: 91-94, 1998.

ARAKAWA, M.; TAIRA, K.; TANAKA, H.; YAMAKAWA, K.; TOGUCHI, H.; KADEKARU, H.; YAMAMOTO, Y.; UEZU, E.; SHIRAKAWA, S. **A survey of Junior high school student's sleep habit and life style in Okinawa.** Psychiatry Clin. Neurosci., 55: 211-212, 2001.

ANDRADE, M. M.; BENEDITO SILVA, A.; DOMENICE, S.; ARNHOLD, I. J.; MENNA-BARRETO, L. **Sleep characteristics of adolescents: A longitudinal study.** J. Adolesc. Health, 14: 401–6, 1993.

ANDRADE, M. M.; MENNA-BARRETO, L.; LOUZADA, F. M. **Ontogênese da ritmicidade biológica.** In: Marques, N. e Menna-Barreto, L. (eds.) Cronobiologia – Princípios e Aplicações, EDUSP, São Paulo, 1997.

ARENDT, J. **Melatonin and the mammalian pineal gland.** London: Chapman & Hall, 1995.

ARENDT, J. & SKENE, D. J. **Melatonin as a chronobiotic.** Sleep Medicine Reviews, 9: 25-39, 2005.

- ASCHOFF, J. **Exogenous e Endogenous Components in Circadian Rhythms.** Cold Spring harbor Symp. Quant. Bio., 25: 11-28 1960.
- BAEHR, E. K.; FOGG, L. F.; EASTMAN, C. I. **Intermittent bright light and exercise to entrain human circadian rhythms to night work.** Am. J. Physiol. 277(6 pt2): R1598-604, 1999.
- BAN, D. J. & LEE, T. J. **Sleep duration, subjective sleep disturbances and associated factors among university students in Korea.** J. Korean Med. Sci., 16: 475-80, 2001.
- BARRETT , P. R.; HORNE, J. A.; REYNER, L. A. **Early evening low alcohol intake also worsens sleepiness-related driving impairment.** Hum. Psychopharmacology, 20: 287-90, 2005.
- BARROS, A. J. D. & VICTORA, C. G. **Indicador econômico para o Brasil baseado no censo demográfico de 2000.** Revista Saúde Pública, 39(4): 523-9, 2005.
- BOIVIN, D. B.; DUFFY, J. F.; KRONAUER, R. E.; CZEISLER, C. A. **Dose-response relationships for resetting of human circadian clock by light.** Nature, 379: 540 – 542, 1996.
- BOJKOWSKI, C. J.; ALDHOUS, M. E.; ENGLISH, J.; FRANEY, C.; POULTON, A. L.; SKENE, D. J.; ARENDT, J. **Suppression of nocturnal plasma melatonin and 6-sulphatoxymelatonin by bright and dim light in man.** Horm. Metab. Res., 19: 437-40, 1987.
- BORBÉLY, A. A.; BAUMANN, F.; BRANDEIS, D.; STRAUCH, I.; LEHMANN, D. **Sleep deprivation: effect on sleep stages and EEG power density in man.** EEG Clin. Neurophysiol., 51: 483-493, 1981.
- BORBÉLY, A. A. **A two process model of sleep regulation.** Hum. Neurobiol., 1: 195-204, 1982.
- BORBÉLY, A. A. **Secrets of sleep.** New York, Basic books, 1986.
- BORBÉLY, A. A.; ACHERMANN, P.; TRACHSEL, L.; TOBLER, I. **Sleep initiation and initial sleep intensity: interactions of homeostatic and circadian mechanisms.** J. Biol. Rhythms, 4: 149-160, 1989.
- BRAINARD, G. C.; ROLLAG, M. D.; HANIFIN, J. P. **Photic regulation of melatonin in humans: ocular and neural signal transduction.** Journal of Biological Rhythm, 12: 537–546, 1997.

- CARSKADON, M. A. **Determinants of Daytime Sleepiness: Adolescent Development, Extended and Restricted Nocturnal Sleep.** Doctoral dissertation, Stanford University, 1979.
- CARSKADON, M. A.; HARVEY, K.; DUKE, P.; ANDERS, T.; LITT, I. F.; DEMENT, W. C. **Pubertal Changes in Daytime Sleepiness.** *Sleep*, 25(6): 453-460, 1980.
- CARSKADON, M. A. & DEMENT, W. C. **Cumulative effects of sleep restriction on daytime sleepiness.** *Psychophysiology*, 2: 107-13, 1981.
- CARSKADON, M. A. & DEMENT, W. C. **Sleepiness in the Normal Adolescent.** *Sleep and Its Disorders in Children*, New York: Raven Press, 55-66, 1987.
- CARSKADON, M. A. **Patterns of sleep and sleepiness in adolescents.** *Pediatrician*, 17: 5-12, 1990.
- CARSKADON, M. A.; VIEIRA, C.; ACEBO, C. **Association between puberty and delayed phase preference.** *Sleep*, 16(3): 258-62, 1993.
- CARSKADON, M. A.; ACEBO, C.; RICHARDSON, G. S.; TATE, B. A.; SEIFER, R. **An approach to studying circadian rhythms of adolescent humans.** *J. Biol. Rhythms*, 12: 278-89, 1997.
- CARSKADON, M. A.; LABYAK, S. E.; ACEBO, C.; SEIFER, R. **Intrinsic circadian period of adolescent humans measured in conditions of forced desynchronized.** *Neurosci. Lett.*, 260: 129 –132, 1999.
- CARSKADON, M. A. & ACEBO, C. **Regulation of sleepiness in adolescents: update, insights, and speculation.** *Sleep*, 25(6): 606-14, 2002.
- CARSKADON, M. A.; ACEBO, C.; JENNI, O. G.. **Regulation of adolescent sleep: implications for behavior.** *Ann. N Y Acad. Sci.*, 1021: 276-91, 2004.
- CAMPBELL, S. S.; EASTMAN, C. I.; TERMAN, M.; LEWY, A. J.; BOULOS, Z.; DIJK, D. J. **Light treatment for sleep disorders: consensus report I. Chronology of seminal studies in humans.** *Journal of Biological Rhythms*, 10: 105 –109, 1995.
- CZEISLER, C. A. **The effect of light on the human circadian pacemaker.** *Ciba Foundation Symposium*, 183: 254 –290; discussion 290 –302, 1995.
- DAHL, R. E. & CARSKADON, M. A. **Sleep and Its Disorders in Adolescence.** In: Ferber R e Kryger, M.H (eds). *Principles and Practice of Sleep Medicine in the Child*, W.B. Saunders Company, USA, 1995.
- DAHL, R. E. **The regulation of sleep and arousal: Development and psychopathology.** *Dev. Psychopathol.*, 8: 3-27, 1996.



- DAHL, R. E. **Consequences of insufficient sleep for adolescents. Links between sleep and emotional regulation.** Phi Delta Kappan, 80: 354-359, 1999.
- DAHL, R. E & LEWIN, D. S. **Pathways to adolescent health sleep regulation and behavior.** J. Adolesc. Health, 31: 175-84, 2002.
- DAAN, S. & PITTENDRIGH, C. S. **A functional analysis of circadian pacemakers in nocturnal rodents. II. The variability of phase response curves.** J. Comp. Physiol. A., 106: 253-66, 1976.
- DEACON, S. & ARENDT, J. **Posture influence melatonin concentrations in plasma and saliva in humans.** Neurosci. Lett., 167: 191-4, 1994.
- DIJK, D. J.; BRUNNER, D. P.; BORBÉLY, A. A. **Time course of EEG power density during long sleep in humans.** Am. J. Physiol., 258: R650-61, 1990.
- DIJK, D. J. & CZEISLER, C. A. **Paradoxical timing of the circadian rhythm of sleep propensity serves to consolidate sleep and wakefulness in humans.** Neurosci. Lett., 166: 63-68, 1994.
- DIJK, D. J. & CZEISLER, C. A. **Contribution of the circadian pacemaker and the sleep homeostatic to sleep propensity, sleep structure, electroencephalographic slow waves and sleep spindle activity in humans.** J. Neurosci., 15: 3526-3538, 1995.
- DINGES, D. F. & POWELL, J. W. **Microcomputer analyses of performance on a portable, simple visual RT task during sustained operations.** Behavior Research Methods, Instruments, & Computers, 17: 652-655, 1985.
- DUFFY, J. F.; KRONAUER, R. E.; CZEISLER, C. A. **Phase-shifting human circadian rhythms: influence of sleep timing, social contact and light exposure.** J. of Physiology, 495 : 289-297, 1996.
- DUFFY, J. F.; RIMMER, D. W.; CZEISLER, C. A. **Association of intrinsic circadian period with morningness-eveningness, usual wake time, and circadian phase.** Behav. Neurosci., 115: 895-9, 2001.
- DUFFY, J. F.; ZEITZER, J. M.; CZEISLER, C. A. **Decreased sensitivity to phase-delaying effects of moderate intensity light in older subjects.** Neurobiol. Aging, 28(5):799-807, 2007.
- FALLONI, G.; ACEBO, C.; ARNETT, J. T.; SEIFER, R.; CARSKADON, M. A. **Effects of acute sleep restriction on behavior, sustained attention, and response inhibition in children.** Percept Mot Skills, 93: 213-29, 2001.
- FERBER, R. **Sleep-schedule causes of insomnia and sleepiness in middle childhood and adolescence.** Pediatrician, 17: 13-20, 1990.

- GAU, S. F. & SOONG, W. T. **The transition of sleep-wake patterns in early adolescence.** *Sleep*, 26: 449-54, 2003.
- HALBERG, J. F.; CARANDENTE, F.; CORNELISSEN, G.; KATINAS, G. S. **Glossary of chronobiology.** *Chronobiology* 4, Suppl. 1, 1977.
- HARADA, T. **Effects of evening light conditions on salivary melatonin of Japanese junior high school students.** *J. Circadian Rhythms*, 2: 4, 2004.
- HONMA, K. & HONMA, S. **A human phase-response curve for bright light pulses.** *Jap. J. Psychiat. Neurol.*, 42: 167-168, 1988.
- HORNE, J. A. & OSTBERG, O. **A self-assessment questionnaire to determine morningness-eveningness in human circadian rhythms.** *Int. J. Chronobiol.*, 4: 97-110, 1976.
- JENNI, O. G.; ACHERMANN, P.; CARSKADON, M. A. **Homeostatic sleep regulation in adolescents.** *Sleep*, 28(11): 1446-54, 2005.
- JOHNSON, J. G.; COHEN, P.; FIRST, M. B.; BROOK, J. S. **Association between television viewing and sleep problems during adolescence and early adulthood.** *Arch. Pediatric. Adolesc. Med.*, 158: 562-8, 2004.
- KATZENBERG, D.; YOUNG, T.; FINN, L.; LIN, L.; KING, D. P.; TAKAHASHI, J. S.; MIGNOT, E. **A CLOCK polymorphism associated with human diurnal preference.** *Sleep*, 21 (6): 569-76, 1998.
- KHALSA, S. B.; JEWETT, M. E.; CAJOCHEN, C.; CZEISLER, C. A. **A phase response curve to single bright light pulses in human subjects.** *J. Physiol.*, 549 (Pt 3): 945-52, 2003.
- KLERMAN, E. B. **Clinical aspects of human circadian rhythms.** *J. Biol. Rhythms*, 20: 375-86, 2005.
- KRAUCHI, K.; CAJOCHEN, C.; WERTH, E.; WIRZ-JUSTICE, A. **Alteration of internal circadian phase relationships after morning versus evening carbohydrate-rich meals in humans.** *J. Biol. Rhythms*, 17: 364-76, 2002.
- LEIBENLUFT, E.; FELDMAN-NAIM, S.; TURNER, E. H.; SCHWARTZ, P. J.; WEHR, T. A. **Salivary and plasma measures of dim light melatonin onset in patients with rapid cycling bipolar disorder.** *Biol. Psychiatry*, 40: 731-5, 1996.
- LEWY, A. J.; SACK, R. A.; SINGER, C. L. **Assessment and treatment of chronobiologic disorders using plasma melatonin levels and bright light exposure: the clock-gate model and the phase response curve.** *Psychopharmacol. Bull*, 20: 561-5, 1984.

LEWY, A. J. **The dim light melatonin onset, melatonin assays and biological rhythm research in humans.** Biol. Signals Recept, 8: 79-83, 1999.

LEWY, A. J.; CUTLER, N. L.; SACKER, R. L. **The endogenous melatonin profile as a marker for circadian phase position.** J. Biol. Rhythms, 14: 227-36, 1999.

LOCKLEY, S. W.; BRAINARD, G. C.; CZEISLER, C. A. **High sensitivity of the human circadian melatonin rhythm to resetting by short wavelength light.** J. Clin. Endocrinol. Metab., 88: 4502-5, 2003.

LEWY, A. J.; BAUER, V. K.; SINGER, C. M.; MINKUNAS, D. V.; SACKER, R. L. **Later circadian phase of plasma melatonin relative to usual wake time in older subjects.** Sleep, 23:188-9, 2000.

LOUZADA, F. M.; ORSONI, A.; MELLO, L.; BENEDITO-SILVA, A. A.; MENNA-BARRETO, L. **A longitudinal study of the sleep-wake cycle in children living in the same school schedules.** Biol. Rhythm Res., 27: 390-7, 1996.

LOUZADA, F. M. **Um estudo sobre a expressão da ritmicidade biológica em diferentes contextos socioculturais: o ciclo vigília/sono de adolescentes.** Tese (Doutorado) – Instituto de Psicobiologia, USP, São Paulo, 2000.

LOUZADA, F.M. & MENNA-BARRETO, L. **Sleep-wake cycle expression in adolescence: influences of social context.** Biological Rhythm Research, 34: 2, 129-136, 2003.

LOUZADA, F.M. & MENNA-BARRETO, L. **Sleep-Wake Cycle in Rural Populations.** Biological Rhythm Research, 35: 153-157, 2004.

MARQUES, N. & MENNA-BARRETO, L. **Cronobiologia: Princípios e Aplicações.** Editora da Universidade de São Paulo, 3: 55-98, 2003.

MARTIN, S.K. & EASTMAN, C. I. **Sleep logs of young adults with self-selected sleep times predict the dim light melatonin onset.** Chronobiol. Int., 19: 695-707, 2002.

MELLO, L.; ISOLA, A.; LOUZADA, F. M.; MENNA-BARRETO, L. **A four-year follow-up study of the sleep-wake cycle of an infant.** Biological Rhythm Research, 27: 3,291-298,1996.

MELLO L.; LOUZADA, F. M.; MENNA-BARRETO, L. **Effects of school schedule transition on sleep-wake cycle of Brazilian adolescents.** Sleep and Hypnosis, 3: 3, 2001.

MENNA-BARRETO, L.; BENEDITO-SILVA, A. A.; MARQUES, N.; ANDRADE, M. M.; LOUZADA, F. M. **Ultradian components of the sleep-wake cycle in babies.** Chronobiol. Int.,10: 103-8, 1993.

MINORS, D. S. & WATERHOUSE, J. M. **Masking in humans: the problem and some attempts to solve it.** Chronobiol. Int., 6: 29-53, 1989.

MINORS, D. S.; WATERHOUSE, J. M.; WIRZ-JUSTICE, A. **A human phase-response curve to light.** Neuroscience Letters, 133: 36-40, 1991.

MITRU, G.; MILLROOD, D. L.; MATEIKA, J. H. **The impact of Sleep on learning and behavior in Adolescents.** Teacher College Record, 104: 704-726, 2002.

MISTLBERGER, E. R.; SKENE, D. J. **Social influences on mammalian circadian rhythms: animal and human studies.** Biol. Rev., 79: 553-556, 2004.

MOORE-EDE, M. C.; SULZMAN, F. M.; FULLER, C. A. **The clocks that time us: physiology of the circadian timing system.** Cambridge, Harvard University Press, 448, 1982.

MOORE, R. Y. **Neural control of the pineal gland.** Behav. Brain Res., 73: 125-130, 1996.

MONK, T. H.; REYNOLDS, C. F.; MACHEN, M. A.; KUPFER, D. J. **Daily social rhythms in the elderly and their relation to objectively recorded sleep.** Sleep, 15: 322-9, 1992.

NAGTEGAAL, E.; PEETERS, T.; SWART, W.; SMITS, M.; KERKHOF, G.; VAN DER MEER, G. **Correlation between concentrations of melatonin in saliva and serum in patients with delayed sleep phase syndrome.** Ther Drug Monit., 20: 181-3, 1998.

OWENS, J.; MAXIM, R.; MCGUINN, M.; NOBILE, C.; MSALL, M.; ALARIO, A. **Television-viewing habits and sleep disturbance in school children.** Pediatrics, 104:27,1999.

PACK, A. I.; PACK, A. M.; RODGMAN, E.; CUCCHIARA, A.; DINGES, D. F.; SCHWAB, C. W. **Characteristics of crashes attributed to the driver having fallen asleep.** Accid. Anal. Prev., 27: 769-75, 1995.

PANDI-PERUMAL, S.R.; SMITS, M.; SPENCE, W.; SRINIVASAN, V.; CARDINALI, D.P.; LOWE, A.D.; KAYUMOV, L. **Dim light melatonin onset (DLMO): a tool for the analysis of circadian phase in human sleep and chronobiological disorders.** Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry (Progress in neuro-psychopharmacology & biological psychiatry). 31(1): 1-11, 2006.

PARK, Y. M.; MATSUMOTO, K.; SEO, Y. J.; SHINKODA, H. **Sleep and chronotype for children in Japan.** Percept Mot Skills, 88: 1315-29, 1999.

PARK, Y. M.; MATSUMOTO, K.; SEO, Y. J.; SHINKODA, H.; PARK, K. P. **Scores on morningness-eveningness and sleep habits of Korean students, Japanese students, and Japanese workers.** Percept Mot Skills, 85: 143-54, 1997.

PAAVONEN, E. J.; PENNONEN, M.; ROINE, M.; VALKONEN, S.; LAHIKAINEN, A. R. **TV exposure associated with sleep disturbances in 5- to 6-year-old children.** J Sleep Res., 15(2):154-61, 2006.

PEREIRA, D. S.; TUFIK, S.; LOUZADA, F. M.; BENEDITO-SILVA, A.A.; LOPEZ, A.R.; LEMOS, N. A.; KORCZAK, A. L.; D' ALMEIDA, V.; PEDRAZZOLI, M. **Association of the length polymorphism in the human Per3 gene with the delayed sleep-phase syndrome: does latitude have an influence upon it?** Sleep, 28(1): 29-32, 2005.

PETTA, D.; CARSKADON, M. A.; DEMENT, W. **Sleep Habits in Children aged 7-13 years.** Sleep Res., 13: 86, 1984.

PITTENDRIGH, C. S. **Circadian Rhythms and the circadian Organization of living systems.** Cold Spring harbor Symp. Quant. Bio., 25: 159-184, 1960.

PORKKA-HEISKANEN, T.; ALANKO, L.; KALINCHUK, A.; STENBERG, D. **Adenosine and sleep.** Sleep Med. Rev., 6: 321-32, 2002.

RALPH, M. R. & MROSOVSKY, N. **Behavioral inhibition of circadian responses to light.** Journal of Biological Rhythms, 7: 353 –359, 1992.

REPPERT, S. M.; WEAVER, D. R. **Coordination of circadian timing in mammals.** Nature, 418: 935-41, 2002.

REVELL, V. L.; EASTMAN, C. I. **How to trick Mother Nature into letting you fly around or stay up all night.** J. Biol. Rhythms, 20: 353–365, 2005.

REZSOHAZY, R. **The methodological aspects of a study about the social notion of time in relation to economic development.** In: Szalai A, ed., The Use of Time. The Hague-Paris, Mouton, 449–460, 1972.

RIMMER, D. W.; BOIVIN, D. B.; SHANAHAN, T. L.; KRONAUER, R. E.; DUFFY, J. F, CZEISLER C. A. **Dynamic resetting of the human circadian pacemaker by intermittent bright light.** Am. J. Physiol., 279: R1574–9, 2000.

ROENNEBERG, T.; WIRZ-JUSTICE, A.; MERROW, M. **Life between clocks: daily temporal patterns of human chronotypes.** J. Biol. Rhythms, 18: 80-90, 2003.

SHINKODA, H.; MATSUMOTO, K.; PARK, Y.; NAGASHIMA, H. **Sleep-wake habits of schoolchildren according to grade.** Psychiatry Clin. Neurosci., 54(3): 287-9, 2000.

SMITH, K. A.; SCHOEN, M. W.; CZEISLER, C. A. **Adaptation of human pineal melatonin suppression by recent photic history.** J. Clin. Endocrinol. Metab., 89: 3610–4, 2004.

STEPHAN, F. & ZUCKER, I. **Circadian rhythms in drinking behavior and locomotors activity of rats are eliminated by hypothalamic lesions.** Proceedings of the National Academy of Science, USA, 69: 1583 - 1586, 1972.

THOMAN, E. B.; ACEBO, C.; LAMM, S. **Stability and instability of sleep in older persons recorded in the home.** Sleep, 16 (6): 578-85, 1993.

THORPY, M. J.; KORMAN, E.; SPIELMAN, A. J. **Delayed Sleep Phase Syndrome in Adolescents.** J. Adolesc. Health Care, 9: 22-27, 1988.

TORRES, F. J. **Ciclo vigília/sono em adolescentes de uma população indígena.** Dissertação (Mestrado), Instituto de Psicobiologia – USP, São Paulo, 2005.

VAN DEN BULCK, J. **Television viewing, Computer Game Playing, Internet Use, and Self-reported Time to Bed and Time out of Bed in Secondary-School Children.** Sleep, 27 (1): 101-4, 2004.

VAN DER HEIJDEN, K. B.; SMITS, M. G.; VAN SOMEREN, E. J.; BOUDEWIJN, G. W. **Prediction of melatonin efficacy by pretreatment dim light melatonin onset in children with idiopathic chronic sleep onset insomnia.** J. Sleep Res., 14: 187-94, 2005.

WATERHOUSE, J.; FOLKARD, S.; VAN DONGEN, H.; MINORS, D.; OWENS, D.; KERKHOF, G.; WIENERT, D.; NEVIL, A.; MCDONALD, Y.; SYTNIC, N.; TUCKER, P. **Temperature profiles, and the effect of sleep on them, in relation to morningness-eveningness in healthy female subjects.** Chronobiol. Int., 18(2): 227-47, 2001.

WEBB, W. & AGNEW, H. **Are we chronically sleep deprived?** Bull Psychonomic Soc., 6: 47-8, 1975.

WOLFSON, A. R. & CARSKADON, M. A. **Sleep schedules and daytime functioning in adolescents.** Child Development, 69(4): 875-887, 1998.

WOLFSON, A. R. & CARSKADON M. A. **Early school times affect sleep and daytime functioning in adolescents.** Sleep Res., 25: 117,1996.

WOLFSON, A. R. & CARSKADON, M. A. **Understanding adolescents' sleep patterns and school performance: a critical appraisal.** Sleep Med. Rev., 7: 491-506, 2003.

ZEITZER, J. M.; DIJK, D. J.; KRONAUER, R. E.; BROWN, E. N.; CZEISLER, C. A. **Sensitivity of the human circadian pacemaker to nocturnal light: melatonin phase resetting and suppression.** J. Physiol., 526: 695–702, 2000.

## 8 APÊNDICES

### APÊNDICE 1 – QUADRO COM AS CARACTERÍSTICAS GERAIS DOS 37 ADOLESCENTES. TURNO ESCOLAR: M – MATUTINO, N – TURNO NOTURNO; GÊNERO: F – FEMININO, M – MASCULINO.

Sujeito	Turno Escolar	Idade (anos)	Gênero	Trabalho	Classe Econômica	Presença de Energia Elétrica em Casa	TV
1	N	15,11	F	Sim	E	Sem	Sem
3	N	15,90	F	Sim	E	Sem	Sem
5	N	14,94	M	Não	D	Com	Sem
6	N	11,96	F	Não	D	Com	Sem
8	N	12,30	M	Sim	C	Com	Sem
9	N	14,70	F	Sim	E	Com	Sem
12	N	16,12	M	Não	C	Com	Com
13	N	15,31	M	Sim	E	Sem	Sem
14	N	14,47	F	Não	D	Com	Com
16	N	14,47	M	Sim	E	Sem	Sem
17	N	14,98	M	Sim	D	Com	Sem
20	N	13,54	M	Sim	D	Com	Com
21	N	11,00	M	Sim	D	Com	Com
23	N	11,44	M	Sim	E	Com	Sem
24	N	10,21	M	Sim	E	Sem	Sem
25	N	11,20	F	Não	D	Com	Com
26	N	16,36	M	Sim	E	Sem	Sem

**CONTINUA**

**APÊNDICE 1 – QUADRO COM AS CARACTERÍSTICAS GERAIS DOS 37 ADOLESCENTES. TURNO ESCOLAR: M – MATUTINO, N – TURNO NOTURNO; GÊNERO: F – FEMININO, M – MASCULINO.**

27	M	11,87	M	Sim	E	Sem	Sem
28	M	12,20	F	Sim	E	Sem	Sem
31	M	14,99	F	Não	D	Com	Com
32	M	13,21	F	Não	B2	Com	Com
33	M	12,71	F	Não	C	Com	Com
34	M	14,47	M	Sim	E	Sem	Sem
35	M	13,57	M	Não	D	Com	Com
36	M	14,16	M	Não	E	Com	Sem
38	M	12,41	M	Sim	D	Com	Com
39	M	12,16	M	Não	C	Com	Com
40	M	11,46	F	Sim	E	Com	Com
41	M	11,34	M	Sim	D	Com	Com
43	M	11,07	M	Não	E	Sem	Sem
44	M	11,33	M	Sim	E	Com	Sem
46	M	11,95	M	Não	E	Com	Sem
47	M	11,56	F	Sim	C	Com	Com
48	M	11,66	M	Sim	D	Com	Com
49	M	12,06	M	Não	C	Com	Com
51	M	13,48	F	Não	E	Sem	Sem
52	M	14,19	F	Não	E	Com	Sem



**APÊNDICE 2 – QUADRO COM OS PADRÕES DO SONO DOS 37 ADOLESCENTES.**

**TURNO ESCOLAR: M – MATUTINO, N – TURNO NOTURNO;**

**GÊNERO: F – FEMININO, M – MASCULINO.**

<b>Sujeito</b>	<b>Horário de Dormir (h:min)</b>	<b>Horário de Acordar (h:min)</b>	<b>Eficiência do Sono (%)</b>	<b>Duração do Sono (min)</b>
1	22:47	07:37	94,48	532
3	23:00	06:42	96,03	463
5	23:33	07:37	96,88	498
6	23:39	07:37	94,11	479
8	22:24	06:42	95,38	509
9	23:32	07:33	93,92	482
12	01:15	09:16	82,60	491
13	23:03	07:37	95,97	515
14	22:45	07:46	97,17	542
16	21:17	06:01	96,12	525
17	22:23	07:29	95,83	547
20	22:16	06:24	97,04	489
21	23:17	07:26	90,86	489
23	22:51	09:30	90,25	639
24	22:22	08:13	94,70	592
25	23:30	09:15	88,62	596
26	23:31	06:55	91,54	445

**CONTINUA****APÊNDICE 2 – QUADRO COM OS PADRÕES DO SONO DOS 37 ADOLESCENTES.****TURNO ESCOLAR: M – MATUTINO, N – TURNO NOTURNO;****GÊNERO: F – FEMININO, M – MASCULINO.**

27	19:58	05:20	96,93	563
28	20:42	06:19	91,57	578
31	21:35	06:23	94,32	529
32	21:27	06:50	97,33	563
33	21:53	06:09	94,18	497
34	21:39	06:34	82,28	536
35	23:45	07:31	80,16	467
36	21:56	06:45	92,52	530
38	20:23	06:03	97,54	582
39	22:15	07:15	95,37	541
40	21:36	06:26	95,68	530
41	21:13	06:06	90,05	534
43	19:53	06:55	86,93	662
44	23:04	07:14	91,63	491
46	21:52	06:45	93,98	534
47	23:21	07:12	93,24	471
48	20:48	06:09	98,81	561
49	23:36	07:28	95,18	473
51	23:13	07:36	98,06	504
52	20:21	06:29	90,89	609

## **9 ANEXOS**

### **LISTA DOS ANEXOS**

<b>ANEXO 1 - TERMO DE CONSENTIMENTO DE PARTICIPAÇÃO NO ESTUDO E PARECER DO CONSELHO NACIONAL DE ÉTICA EM PESQUISA</b>	
.....	72
<b>ANEXO 2 - QUESTIONÁRIO SOBRE OS HÁBITOS DE SONO</b>	76
<b>ANEXO 3 - QUESTIONÁRIO DE CLASSIFICAÇÃO SÓCIO-ECONÔMICA</b>	77
<b>ANEXO 4 - DIÁRIO DE SONO</b>	79
<b>ANEXO 5 - FOTO DO ACTÍMETRO</b>	81
<b>ANEXO 6 - FOTO DO SALIVETE</b>	82
<b>ANEXO 7 - ACTOGRAMAS DOS 37 ADOLESCENTES</b>	83

## **ANEXO 1 - TERMO DE CONSENTIMENTO DE PARTICIPAÇÃO NO ESTUDO E PARECER DO CONSELHO NACIONAL DE ÉTICA EM PESQUISA**



**Ministério da Educação  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
Setor de Ciências Biológicas  
Comitê Setorial de Ética em Pesquisa**



### **TERMO DE CONSENTIMENTO DE PARTICIPAÇÃO NO ESTUDO SOBRE PADRÕES DE SONO E DESEMPENHO ESCOLAR EM ADOLESCENTES**

**Pesquisador responsável:** Fernando Mazzilli Louzada

Este é um convite para que seu filho participe voluntariamente de um estudo sobre os padrões de sono de adolescentes e sua influência sobre o desempenho escolar. Por favor, leia com atenção as informações abaixo antes de dar seu consentimento para que seu filho participe ou não do estudo.

#### **OBJETIVO DO ESTUDO**

O presente estudo tem como objetivo principal avaliar padrões de sono em adolescentes e sua influência sobre o desempenho escolar.

#### **PROCEDIMENTOS**

Se seu filho participar deste estudo, ele terá que responder a um questionário de hábitos de sono, registrar os seus hábitos de sono em caderno apropriado fornecido pelos pesquisadores durante 7 dias e utilizar um instrumento chamado ACTÍMETRO de pulso, semelhante a um relógio. Este aparelho registra os movimentos realizados pelo usuário e armazena essas informações em uma memória. Os dados armazenados são posteriormente transferidos para um computador para análise. Como a quantidade e o padrão de movimentos é diferente durante o sono e a vigília, é possível a identificação dos momentos nos quais o usuário permaneceu acordado ou dormindo.

#### **RISCOS À SAÚDE**

A participação neste estudo não oferece nenhum risco à saúde de seu filho.

## BENEFÍCIOS

Este projeto não trará nenhum benefício direto à saúde de seu filho, mas servirá para que possamos conhecer alguns fatores que tornam os adolescentes mais sonolentos, reduzindo seu desempenho escolar. Todas as despesas necessárias para realização da pesquisa (questionários, caderno de sono, equipamento) são de responsabilidade dos pesquisadores.

## PARTICIPAÇÃO VOLUNTÁRIA

A participação de seu filho neste estudo é *voluntária*. Mesmo que ele decida participar, terá plena e total liberdade para desistir do estudo a qualquer momento, sem que isso acarrete qualquer prejuízo para ele.

## GARANTIA DE SIGILO E PRIVACIDADE

As informações relacionadas ao estudo poderão ser inspecionadas pelos pesquisadores que executam o estudo, sendo mantida a confidencialidade das informações.

## ESCLARECIMENTO DE DÚVIDAS

Você e seu filho podem e devem fazer todas as perguntas que julgar necessárias antes de concordar em participar do estudo.

## IDENTIFICAÇÃO

A identificação de seu filho será mantida confidencial. Os resultados do estudo serão publicados sem revelar a sua identidade.

## EQUIPE DE PESQUISADORES

O pesquisador responsável pelo projeto é o Prof. Dr Fernando Mazzilli Louzada. O pesquisador poderá ser contatado para esclarecimentos ou problemas durante a pesquisa no telefone 41-3611552.

## COMITÊ DE ÉTICA DO SETOR DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

Fui informado que este projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética do Setor de Ciências Biológicas e que no caso de qualquer problema ou reclamação em relação à conduta dos pesquisadores deste projeto, poderei procurar o referido Comitê, localizado na Direção do Setor de Ciências Biológicas, Centro Politécnico, Universidade Federal do Paraná.

Diante do exposto acima eu, \_\_\_\_\_, responsável pelo (a) aluno (a) \_\_\_\_\_, declaro que fui esclarecido sobre os objetivos do presente estudo e autorizo meu filho a participar do estudo. Foi-me assegurado o direito de meu filho abandonar o estudo a qualquer momento, se assim o desejar. Declaro também não possuir nenhum grau de dependência profissional ou educacional com os pesquisadores envolvidos nesse projeto (ou seja, os pesquisadores desse projeto não podem me prejudicar de modo algum no trabalho ou nos estudos), não me sentindo pressionado de nenhum modo a participar dessa pesquisa.

Adrianópolis, de \_\_\_\_\_ de 2005

\_\_\_\_\_  
(Nome do responsável)

RG

\_\_\_\_\_  
(Nome do Pesquisador)

RG

**PARECER DO CONSELHO NACIONAL DE ÉTICA EM PESQUISA**

Ministério da Educação  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
Setor de Ciências Biológicas  
Comitê Setorial de Ética em Pesquisa



**Projeto: Luz e sincronização dos ritmos biológicos: estudo da expressão da ritmicidade circadiana em populações desprovidas de energia elétrica**

**Pesquisador Responsável: Prof. Dr. Fernando Mazzilli Louzada, Departamento Fisiologia, Setor de Ciências Biológicas, UFPR**

**Local: Departamento de Educação Física, Setor de Ciências Biológicas, UFPR**

**Data de Apresentação à CEP Setor de Ciências Biológicas: 21/02/2005**

**Banpesq/ THALES: 2004014001**

**Registro no CEP Biológicas: 002/05**

Curitiba, 06 de abril de 2005

Prezado Prof. Dr. Fernando M Louzada

Em relação a projeto acima citado, venho por meio desta informá-lo de que este foi avaliado pelo CEP-Biológicas, estando de acordo com a Declaração de Helsinque (e suas atualizações) e com a resolução 196/96 do CNS (e resoluções complementares), tendo sido aprovado pelo comitê. Portanto, a partir desta data poderá ser iniciada a execução e a coleta de dados do referido projeto.

Ressalto que, de acordo com a resolução 196/96 que: (a) o pesquisador deve comunicar a este comitê qualquer alteração no protocolo experimental ou no termo de consentimento (nestas circunstâncias a inclusão deve ser temporariamente suspensa até análise do CEP das modificações propostas); (b) comunicar imediatamente ao CEP qualquer evento adverso ocorrido durante o desenvolvimento da pesquisa; (c) os dados individuais de todos indivíduos devem ser mantidos em local seguro por 5 anos para possível auditoria; (d) apresentar relatório parcial em outubro de 2005.

Contando com sua compreensão e apoio, coloco-me à disposição para maiores esclarecimentos, atenciosamente

*Roberto Andreatini*  
Coordenador do Comitê de Ética em Pesquisa do  
Setor de Ciências Biológicas

**ANEXO 2 - QUESTIONÁRIO SOBRE OS HÁBITOS DE SONO****LABORATÓRIO DE CRONOBIOLOGIA HUMANA****SETOR DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS****DEPARTAMENTO DE FISIOLOGIA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ****QUESTIONÁRIO SOBRE OS HÁBITOS DE SONO**

## Parte I – Dados pessoais

1. Nome: \_\_\_\_\_ Série: \_\_\_\_\_
2. Idade: \_\_\_\_\_ anos
3. Data de nascimento: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_
4. Sexo: ( ) Masculino ( ) Feminino
5. Bairro onde mora: \_\_\_\_\_
6. Período: ( ) Manhã ( ) Tarde
7. Quantas pessoas moram na sua casa (incluindo você): \_\_\_\_\_
8. Quantas pessoas dormem no teu quarto (incluindo você): \_\_\_\_\_
9. Na sua casa existe rede elétrica? ( ) sim ( ) não ( ) outro: \_\_\_\_\_
10. Na sua casa você assiste televisão? ( ) sim ( ) não
11. Na sua casa tem telefone fixo? ( ) sim ( ) não
12. Na sua casa você tem acesso à INTERNET? ( ) sim ( ) não
13. Como você vem para a escola?  
( ) ônibus  
( ) carro  
( ) bicicleta  
( ) a pé  
( ) outro: \_\_\_\_\_
14. Você trabalha? ( ) sim ( ) não Quantas horas por dia? \_\_\_\_\_
15. Quanto tempo você leva para vir para a escola? \_\_\_\_\_
16. Quanto tempo você leva para voltar para casa? \_\_\_\_\_
17. Você mudou de casa nos últimos 3 meses? ( ) Sim ( ) Não



### ANEXO 3 - CRITÉRIO DE CLASSIFICAÇÃO ECONÔMICA BRASIL

#### CRITÉRIO DE CLASSIFICAÇÃO ECONÔMICA BRASIL

##### CLASSIFICAÇÃO ECONÔMICA

ESCOLA: \_\_\_\_\_

VOLUNTÁRIO: \_\_\_\_\_

Posse de itens:	NÃO TEM	TEM			
		1	2	3	4 OU +
Televisão em cores					
Rádio					
Banheiro					
Automóvel					
Empregada mensalista					
Aspirador de pó					
Máquina de lavar					
Videocassete e/ou DVD					
Geladeira					
Freezer (aparelho independente ou parte da geladeira duplex).					

Grau de Instrução do chefe de família: \_\_\_\_\_

Analfabeto / Primário incompleto 0

Primário completo / Ginásial incompleto 1

Ginásial completo / Colegial incompleto 2

Colegial completo / Superior incompleto 3

Superior completo 5

## PONTUAÇÃO UTILIZADA PARA CADA ITEM DO QUESTIONÁRIO DE CLASSIFICAÇÃO ECONÔMICA.

### Posse de Itens

	Não tem	T E M			
		1	2	3	4 ou +
Televisão em cores	0	2	3	4	5
Rádio	0	1	2	3	4
Banheiro	0	2	3	4	4
Automóvel	0	2	4	5	5
Empregada mensalista	0	2	4	4	4
Aspirador de pó	0	1	1	1	1
Máquina de lavar	0	1	1	1	1
Videocassete e/ou DVD	0	2	2	2	2
Geladeira	0	2	2	2	2
Freezer (aparelho independente ou parte da geladeira duplex)	0	1	1	1	1

### Grau de Instrução do Chefe de Família

Analfabeto / Primário incompleto	0
Primário completo / Ginásial incompleto	1
Ginásial completo / Colegial incompleto	2
Colegial completo / Superior incompleto	3
Superior completo	5

### Cortes do Critério Brasil

Classe	PONTOS	TOTAL BRASIL (%)
A1	30-34	1
A2	25-29	5
B1	21-24	9
B2	17-20	14
C	11-16	36
D	6-10	31
E	0-5	4

## ANEXO 4 - DIÁRIO DE SONO



**Data:** \_\_/\_\_/\_\_      **Dia da Semana:** \_\_\_\_\_

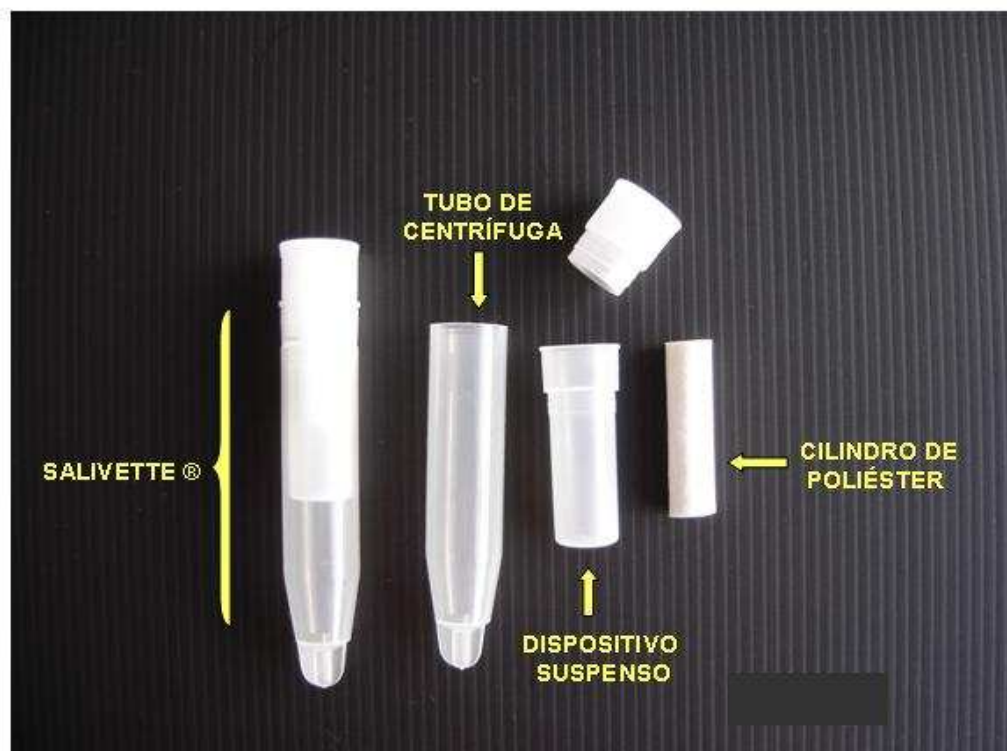
- 1. A que horas você foi deitar ontem?** \_\_\_\_\_
- 2. Quanto tempo você acha que demorou a pegar no sono?** \_\_\_\_\_
- 3. A que horas você acordou hoje?** \_\_\_\_\_
- 4. Quanto tempo você acha que demorou a levantar da cama?** \_\_\_\_\_
- 5. Como você foi acordado?**  
Pelo despertador      (   )  
Alguém me chamou      (   )  
Sozinho      (   )

**6. Actígrafo:**

<b>Hora que tirou o actígrafo</b>	<b>Hora que colocou o actígrafo</b>

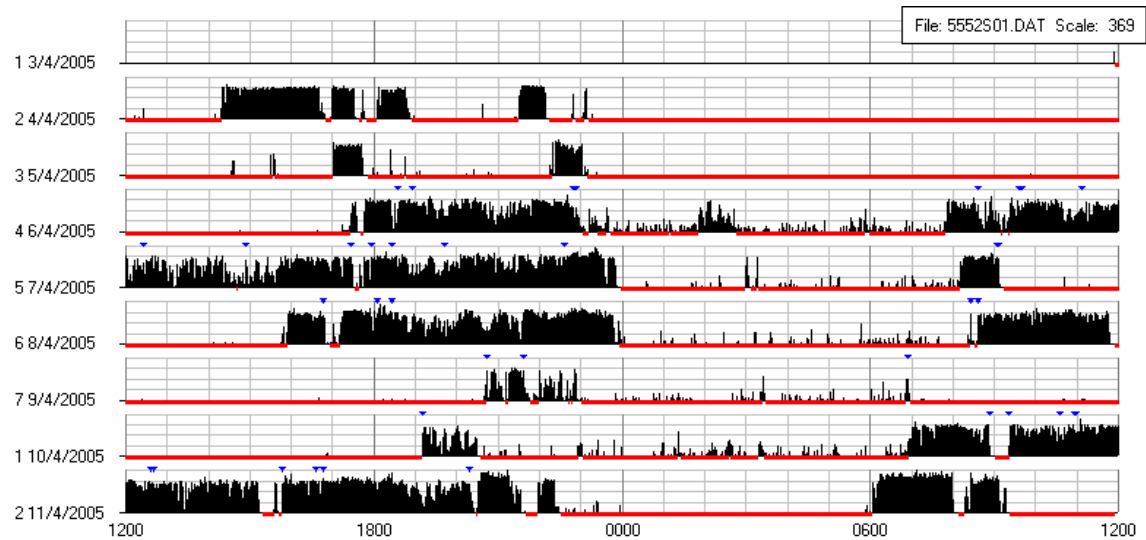
**ANEXO 5 - FOTO DO ACTÍMETRO****MARCADOR DE EVENTOS**

## ANEXO 6 – FOTO DO SALIVETTE®

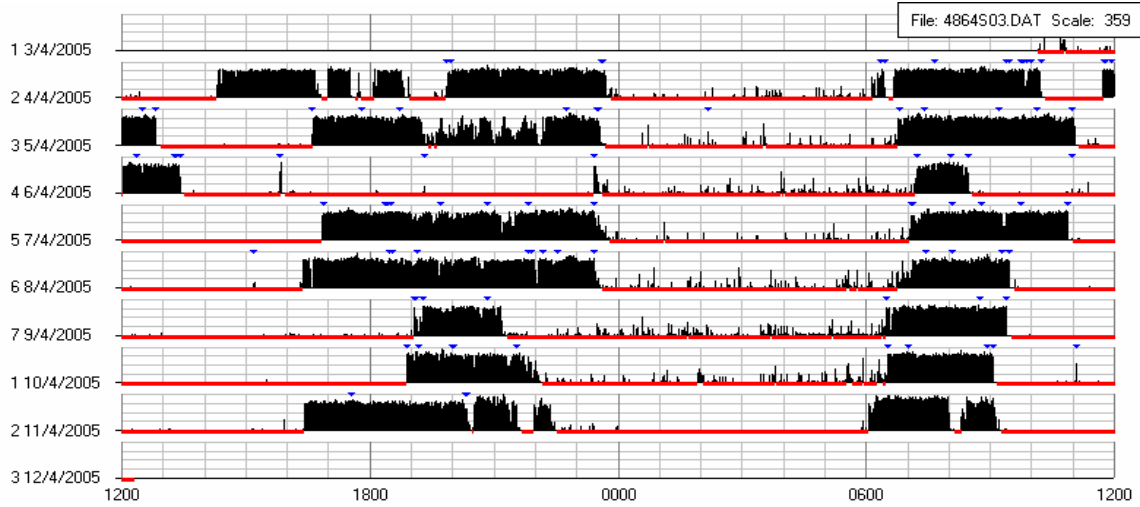


## ANEXO 7– ACTOGRAMAS DOS 37 ADOLESCENTES

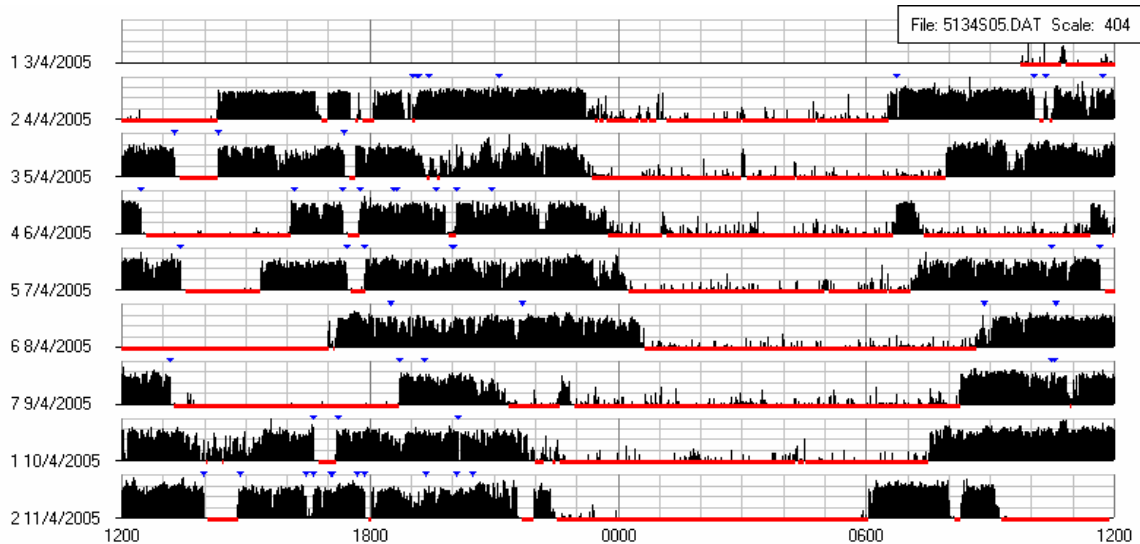
**FIGURA 11- ACTOGRAMA DO SUJEITO 1**



LEGENDA: NO EIXO X ESTÁ REPRESENTADO O TEMPO EM HORAS E NO Y OS DIAS DO USO DO ACTÍMETRO. O SONO ESTÁ SELECIONADO EM VERMELHO E OS EVENTOS AS PONTAS DE SETAS EM AZUL.

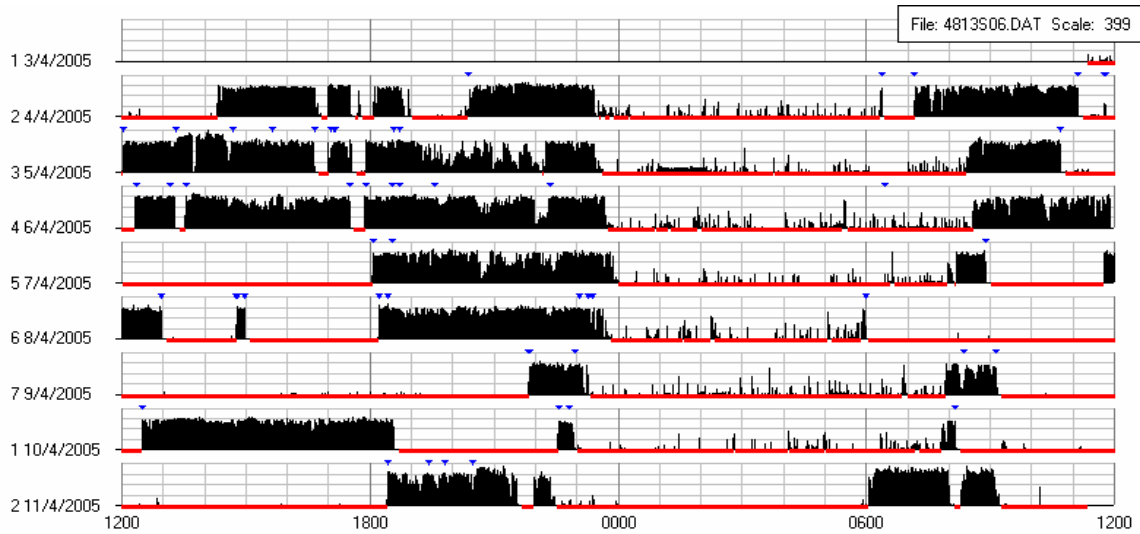
**FIGURA 12 - ACTOGRAMA DO SUJEITO 3**

LEGENDA: NO EIXO X ESTÁ REPRESENTADO O TEMPO EM HORAS E NO Y OS DIAS DO USO DO ACTÍMETRO. O SONO ESTÁ SELECIONADO EM VERMELHO E OS EVENTOS AS PONTAS DE SETA EM AZUL.

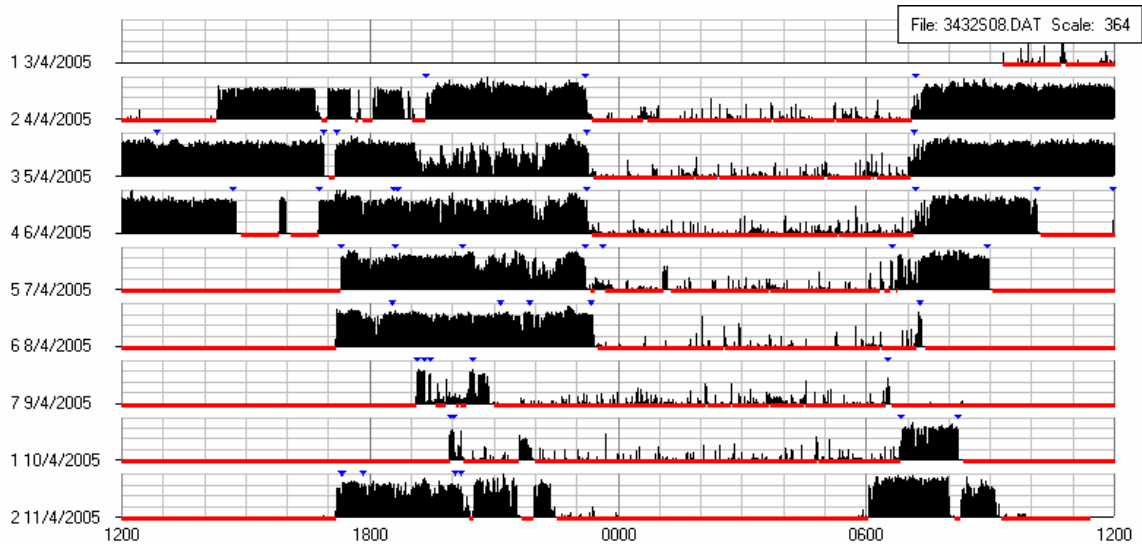
**FIGURA 13 - ACTOGRAMA DO SUJEITO 5**

LEGENDA: NO EIXO X ESTÁ REPRESENTADO O TEMPO EM HORAS E NO Y OS DIAS DO USO DO ACTÍMETRO. O SONO ESTÁ SELECIONADO EM VERMELHO E OS EVENTOS AS PONTAS DE SETA EM AZUL.

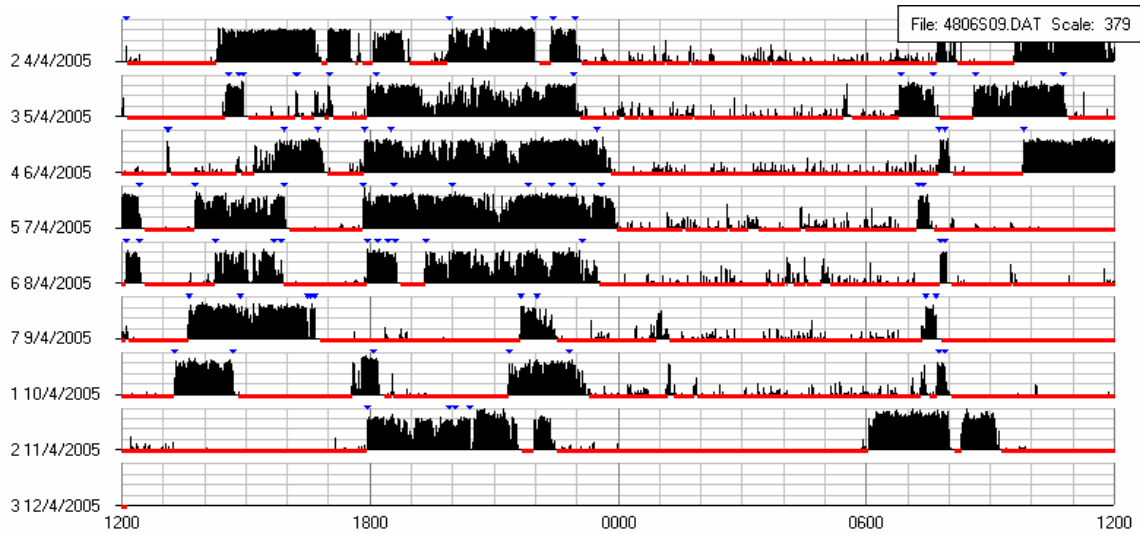


**FIGURA 14 - ACTOGRAMA DO SUJEITO 6**

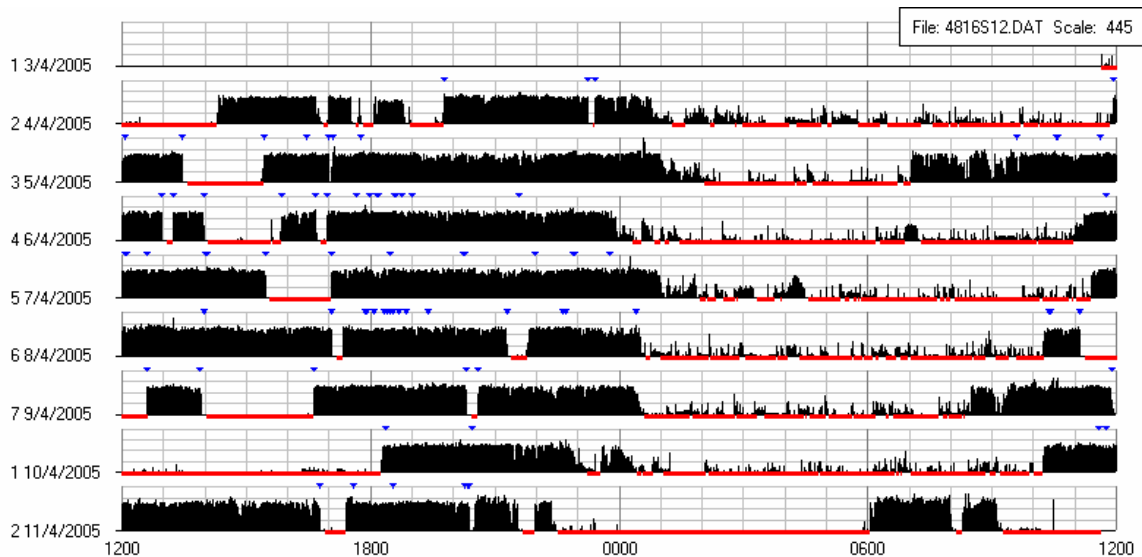
LEGENDA: NO EIXO X ESTÁ REPRESENTADO O TEMPO EM HORAS E NO Y OS DIAS DO USO DO ACTÍMETRO. O SONO ESTÁ SELECIONADO EM VERMELHO E OS EVENTOS AS PONTAS DE SETAS EM AZUL.

**FIGURA 15 - ACTOGRAMA DO SUJEITO 8**

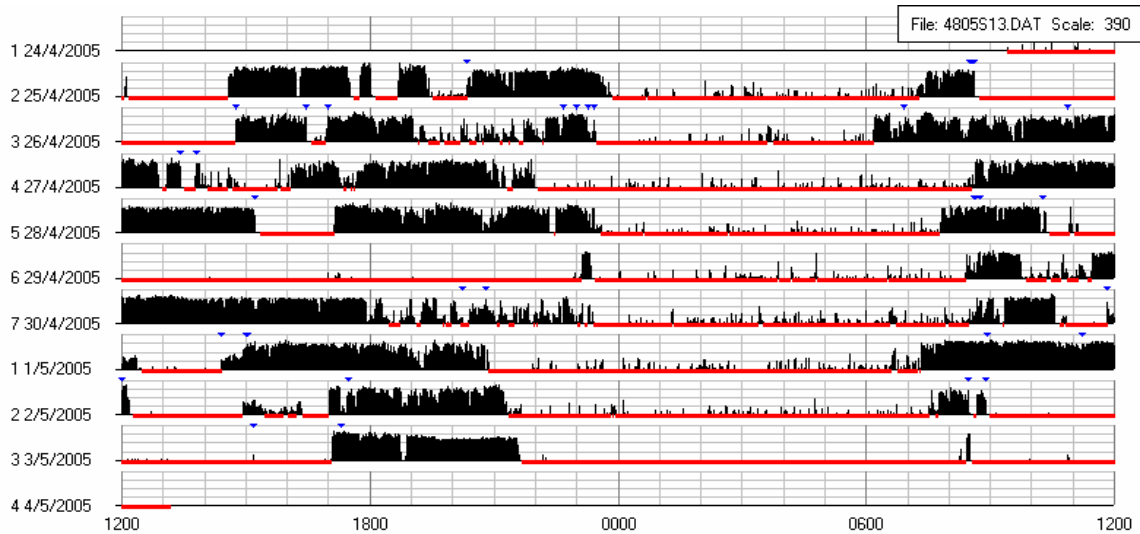
LEGENDA: NO EIXO X ESTÁ REPRESENTADO O TEMPO EM HORAS E NO Y OS DIAS DO USO DO ACTÍMETRO. O SONO ESTÁ SELECIONADO EM VERMELHO E OS EVENTOS AS PONTAS DE SETAS EM AZUL.

**FIGURA 16 - ACTOGRAMA DO SUJEITO 9**

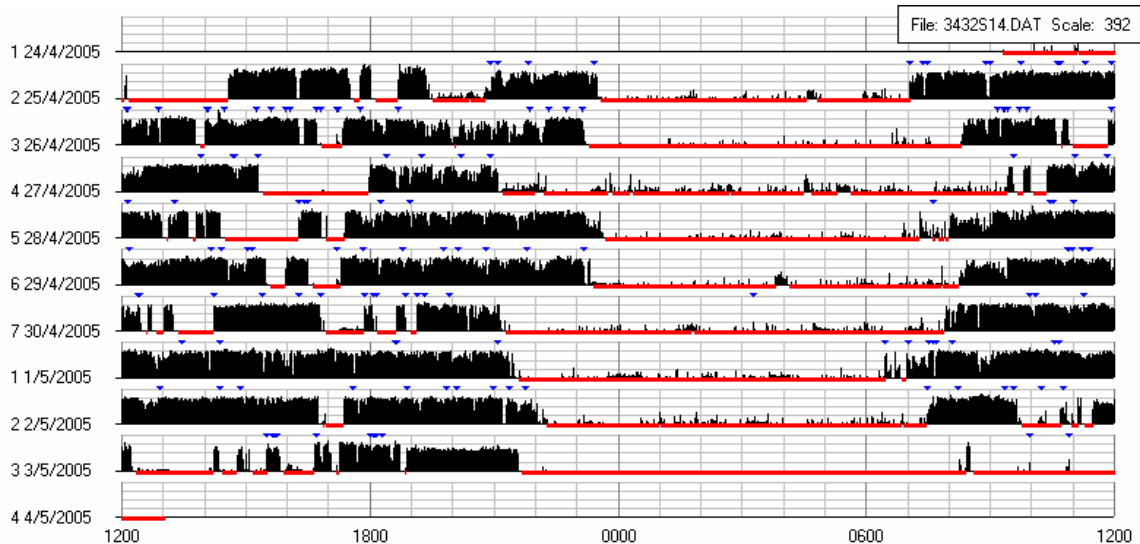
LEGENDA: NO EIXO X ESTÁ REPRESENTADO O TEMPO EM HORAS E NO Y OS DIAS DO USO DO ACTÍMETRO. O SONO ESTÁ SELECIONADO EM VERMELHO E OS EVENTOS AS PONTAS DE SETAS EM AZUL.

**FIGURA 17 - ACTOGRAMA DO SUJEITO 12**

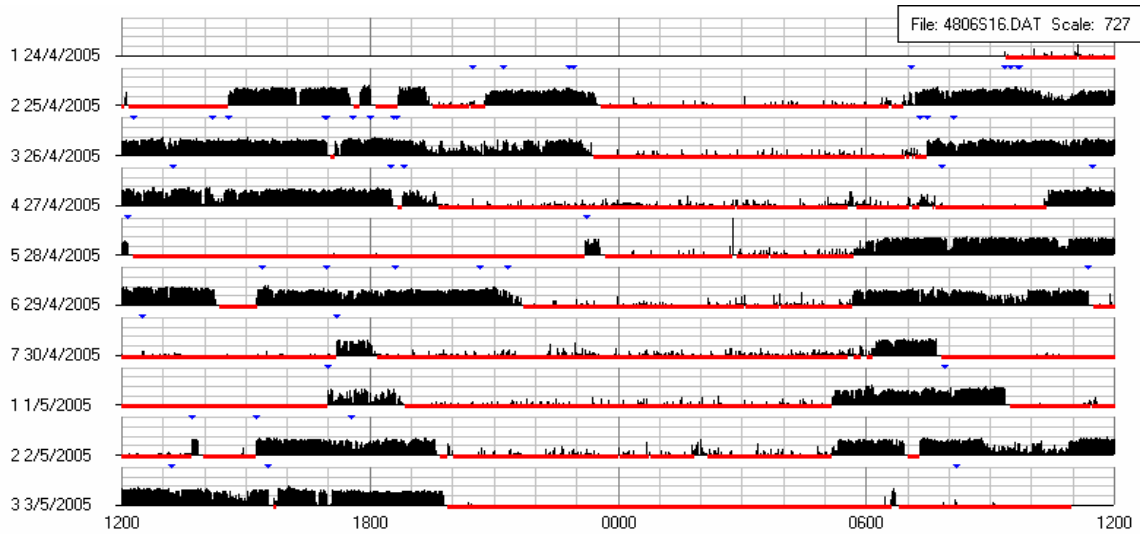
LEGENDA: NO EIXO X ESTÁ REPRESENTADO O TEMPO EM HORAS E NO Y OS DIAS DO USO DO ACTÍMETRO. O SONO ESTÁ SELECIONADO EM VERMELHO E OS EVENTOS AS PONTAS DE SETAS EM AZUL.

**FIGURA 18 - ACTOGRAMA DO SUJEITO 13**

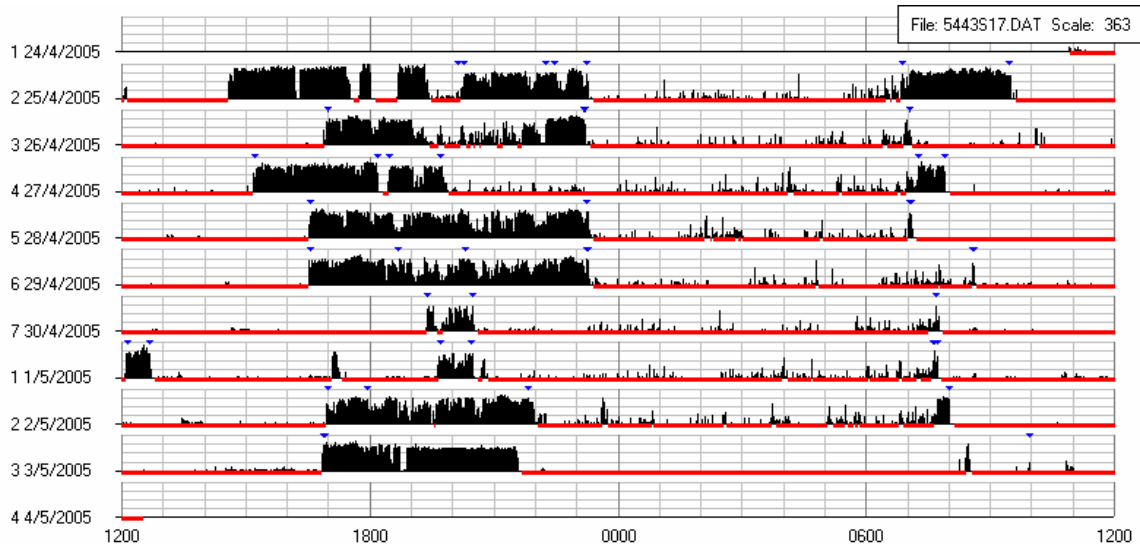
LEGENDA: NO EIXO X ESTÁ REPRESENTADO O TEMPO EM HORAS E NO Y OS DIAS DO USO DO ACTÍMETRO. O SONO ESTÁ SELECIONADO EM VERMELHO E OS EVENTOS AS PONTAS DE SETAS EM AZUL.

**FIGURA 19 - ACTOGRAMA DO SUJEITO 14**

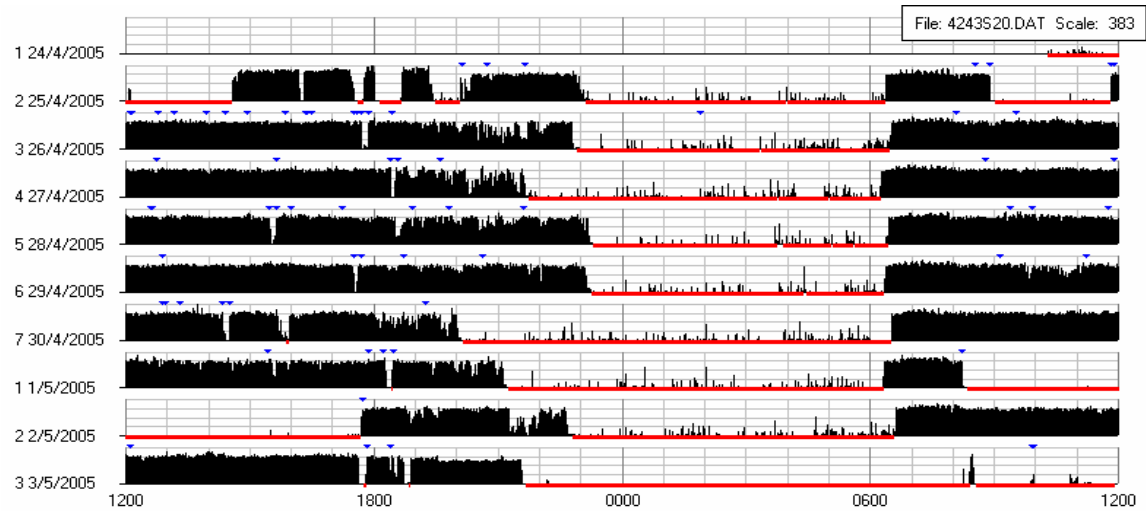
LEGENDA: NO EIXO X ESTÁ REPRESENTADO O TEMPO EM HORAS E NO Y OS DIAS DO USO DO ACTÍMETRO. O SONO ESTÁ SELECIONADO EM VERMELHO E OS EVENTOS AS PONTAS DE SETAS EM AZUL.

**FIGURA 20 - ACTOGRAMA DO SUJEITO 16**

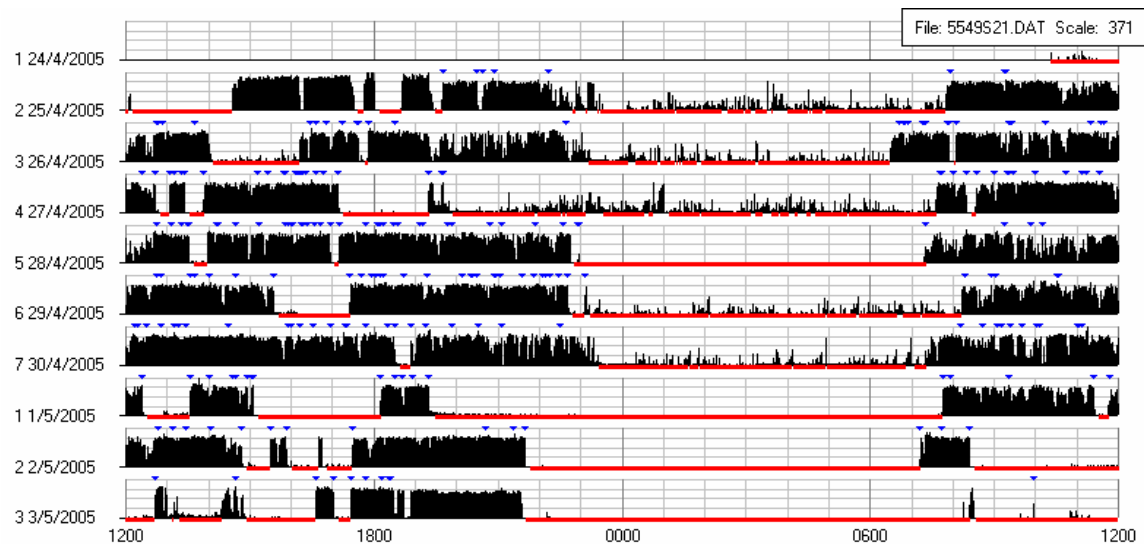
LEGENDA: NO EIXO X ESTÁ REPRESENTADO O TEMPO EM HORAS E NO Y OS DIAS DO USO DO ACTÍMETRO. O SONO ESTÁ SELECIONADO EM VERMELHO E OS EVENTOS AS PONTAS DE SETAS EM AZUL.

**FIGURA 21 - ACTOGRAMA DO SUJEITO 17**

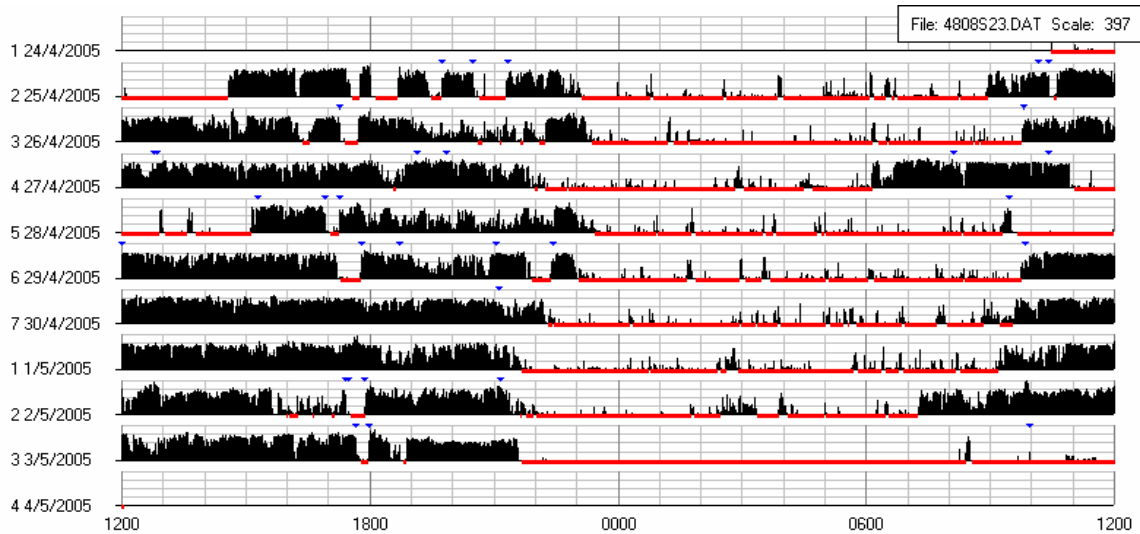
LEGENDA: NO EIXO X ESTÁ REPRESENTADO O TEMPO EM HORAS E NO Y OS DIAS DO USO DO ACTÍMETRO. O SONO ESTÁ SELECIONADO EM VERMELHO E OS EVENTOS AS PONTAS DE SETAS EM AZUL.

**FIGURA 22 - ACTOGRAMA DO SUJEITO 20**

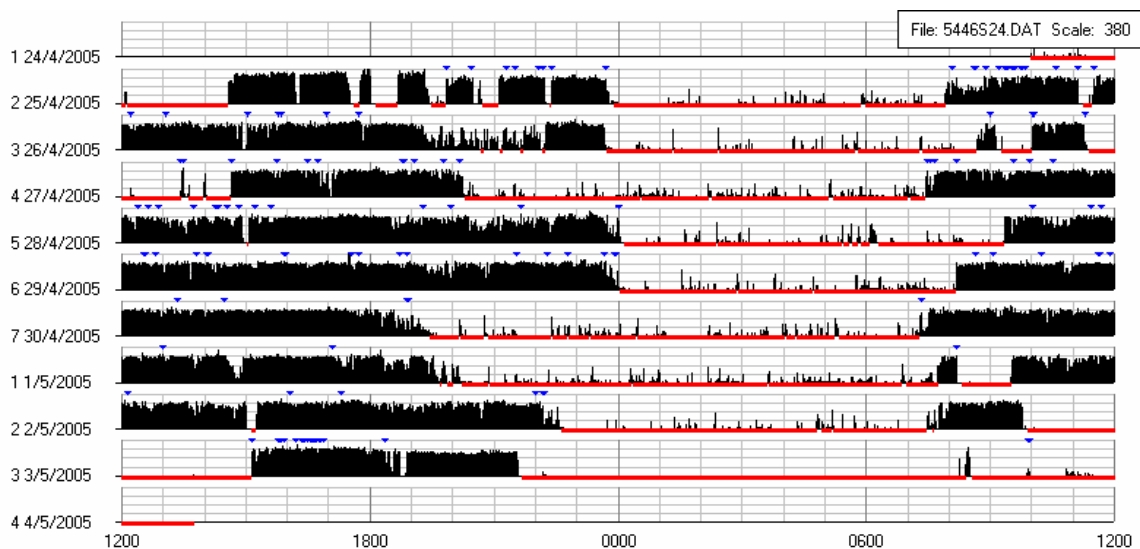
LEGENDA: NO EIXO X ESTÁ REPRESENTADO O TEMPO EM HORAS E NO Y OS DIAS DO USO DO ACTÍMETRO. O SONO ESTÁ SELECIONADO EM VERMELHO E OS DE EVENTOS AS PONTAS DE SETAS EM AZUL.

**FIGURA 23 - ACTOGRAMA DO SUJEITO 21**

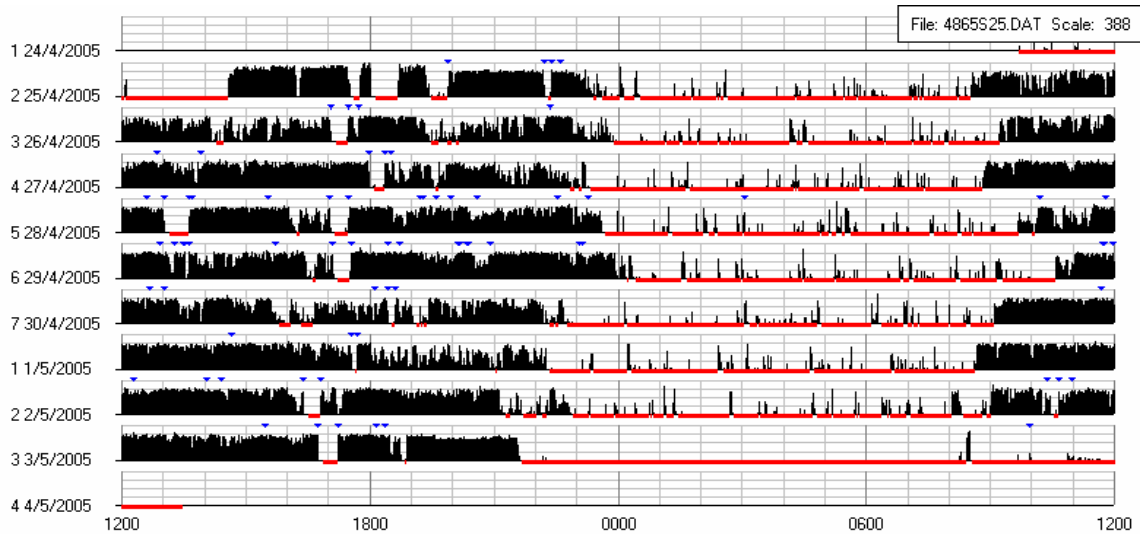
LEGENDA: NO EIXO X ESTÁ REPRESENTADO O TEMPO EM HORAS E NO Y OS DIAS DO USO DO ACTÍMETRO. O SONO ESTÁ SELECIONADO EM VERMELHO E OS EVENTOS AS PONTAS DE SETAS EM AZUL.

**FIGURA 24 - ACTOGRAMA DO SUJEITO 23**

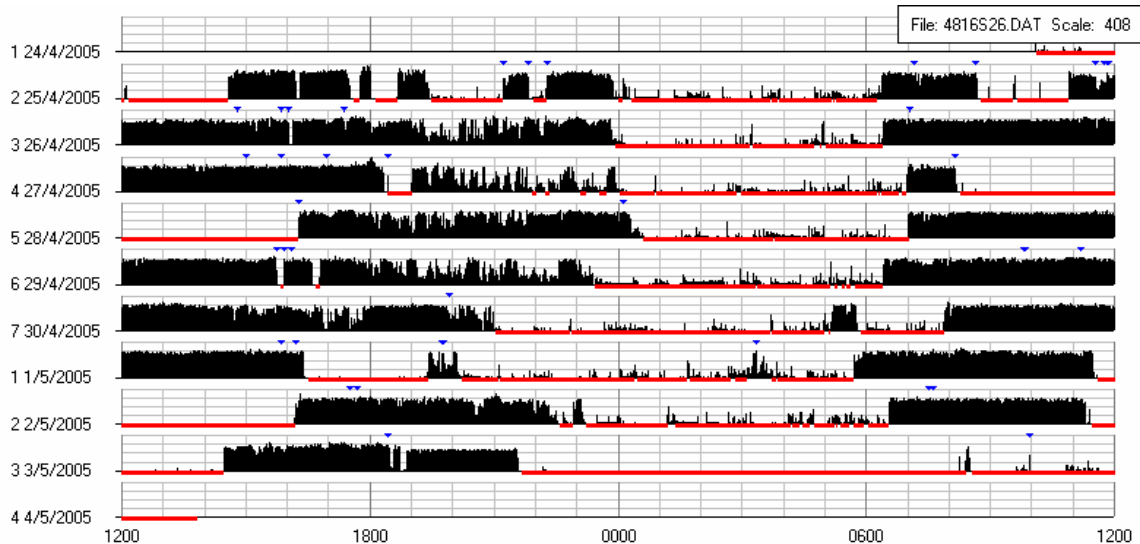
LEGENDA: NO EIXO X ESTÁ REPRESENTADO O TEMPO EM HORAS E NO Y OS DIAS DO USO DO ACTÍMETRO. O SONO ESTÁ SELECIONADO EM VERMELHO E OS EVENTOS AS PONTAS DE SETAS EM AZUL.

**FIGURA 25 - ACTOGRAMA DO SUJEITO 24**

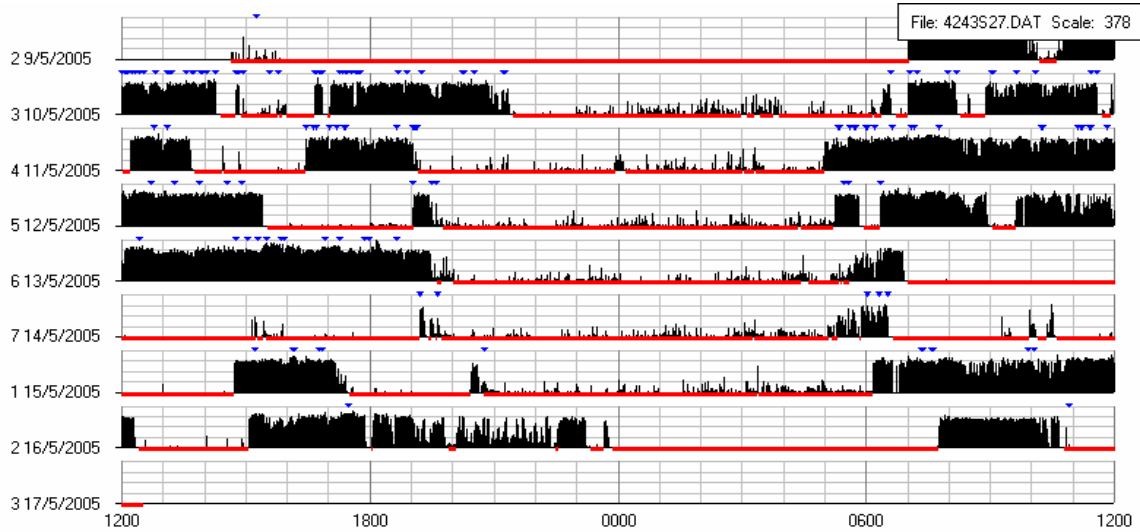
LEGENDA: NO EIXO X ESTÁ REPRESENTADO O TEMPO EM HORAS E NO Y OS DIAS DO USO DO ACTÍMETRO. O SONO ESTÁ SELECIONADO EM VERMELHO E OS EVENTOS AS PONTAS DE SETAS EM AZUL.

**FIGURA 26 - ACTOGRAMA DO SUJEITO 25**

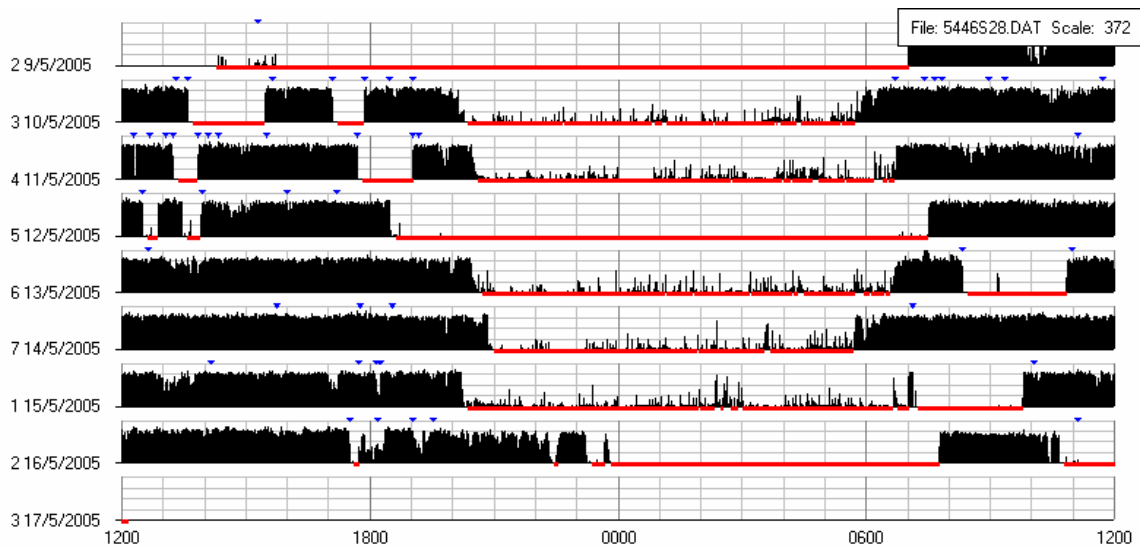
LEGENDA: NO EIXO X ESTÁ REPRESENTADO O TEMPO EM HORAS E NO Y OS DIAS DO USO DO ACTÍMETRO. O SONO ESTÁ SELECIONADO EM VERMELHO E OS EVENTOS AS PONTAS DE SETAS EM AZUL.

**FIGURA 27 - ACTOGRAMA DO SUJEITO 26**

LEGENDA: NO EIXO X ESTÁ REPRESENTADO O TEMPO EM HORAS E NO Y OS DIAS DO USO DO ACTÍMETRO. O SONO ESTÁ SELECIONADO EM VERMELHO E OS EVENTOS AS PONTAS DE SETAS EM AZUL.

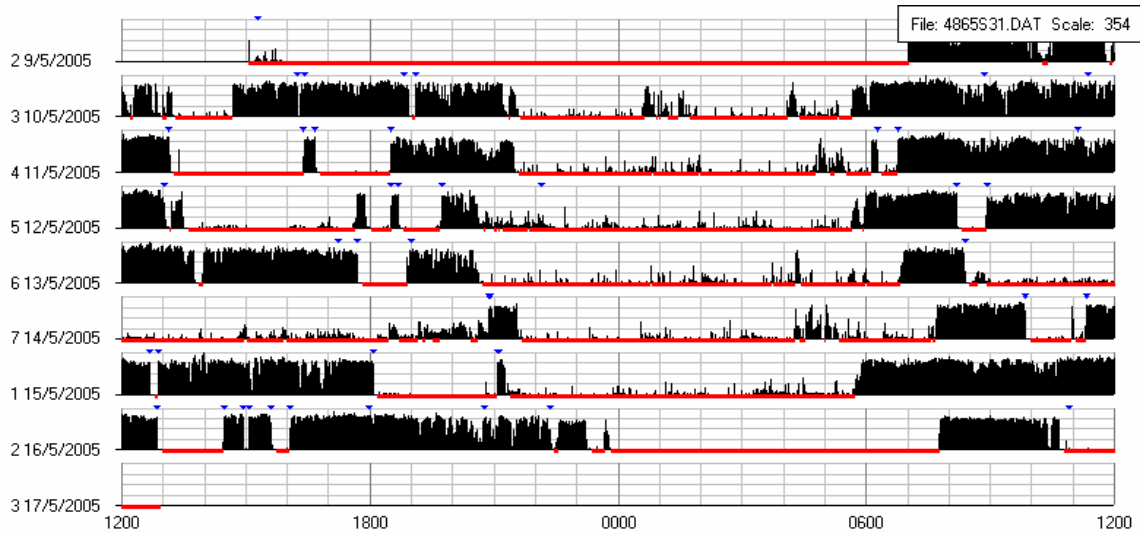
**FIGURA 28 - ACTOGRAMA DO SUJEITO 27**

LEGENDA: NO EIXO X ESTÁ REPRESENTADO O TEMPO EM HORAS E NO Y OS DIAS DO USO DO ACTÍMETRO. O SONO ESTÁ SELECIONADO EM VERMELHO E OS EVENTOS AS PONTAS DE SETAS EM AZUL.

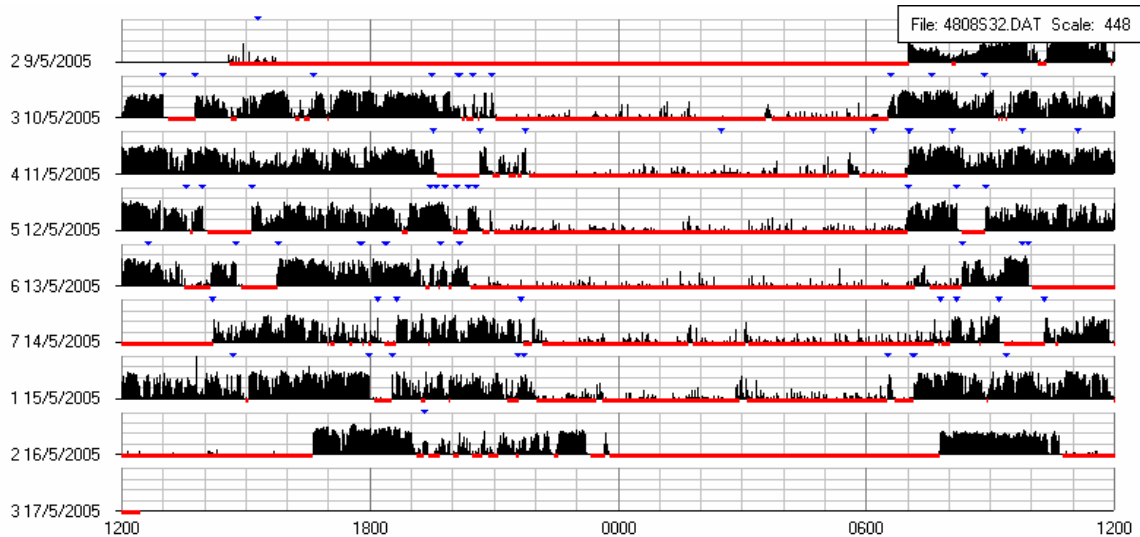
**FIGURA 29 - ACTOGRAMA DO SUJEITO 28**

LEGENDA: NO EIXO X ESTÁ REPRESENTADO O TEMPO EM HORAS E NO Y OS DIAS DO USO DO ACTÍMETRO. O SONO ESTÁ SELECIONADO EM VERMELHO E OS EVENTOS AS PONTAS DE SETAS EM AZUL.

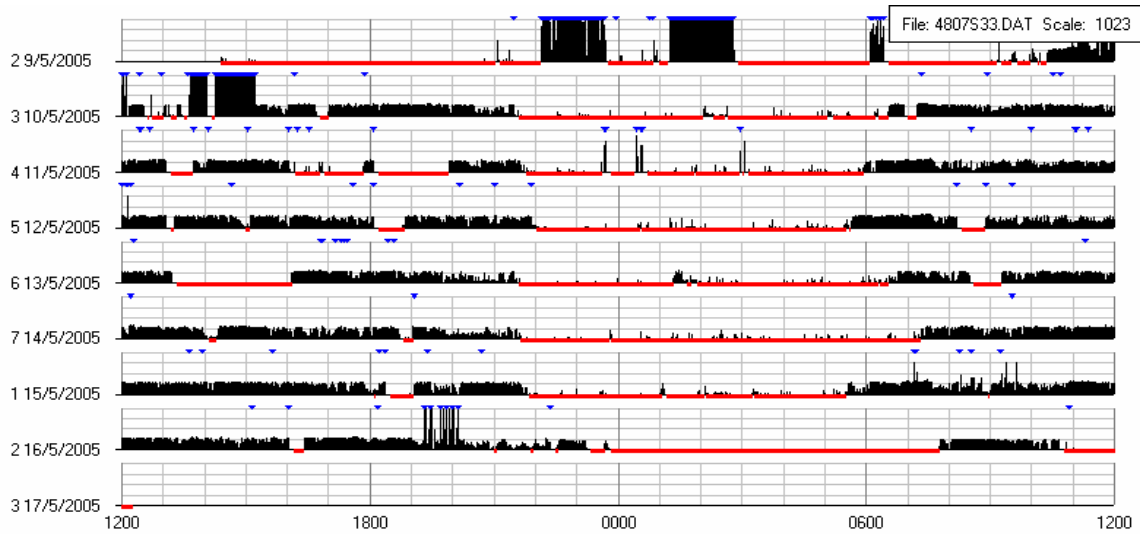


**FIGURA 30 - ACTOGRAMA DO SUJEITO 31**

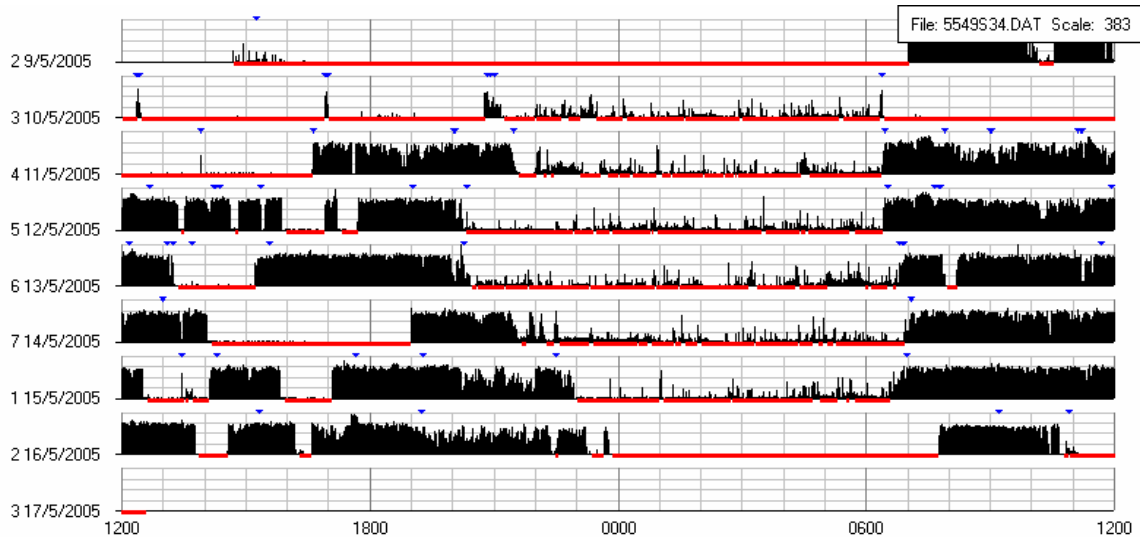
LEGENDA: NO EIXO X ESTÁ REPRESENTADO O TEMPO EM HORAS E NO Y OS DIAS DO USO DO ACTÍMETRO. O SONO ESTÁ SELECIONADO EM VERMELHO E OS EVENTOS AS PONTAS DE SETAS EM AZUL.

**FIGURA 31 - ACTOGRAMA DO SUJEITO 32**

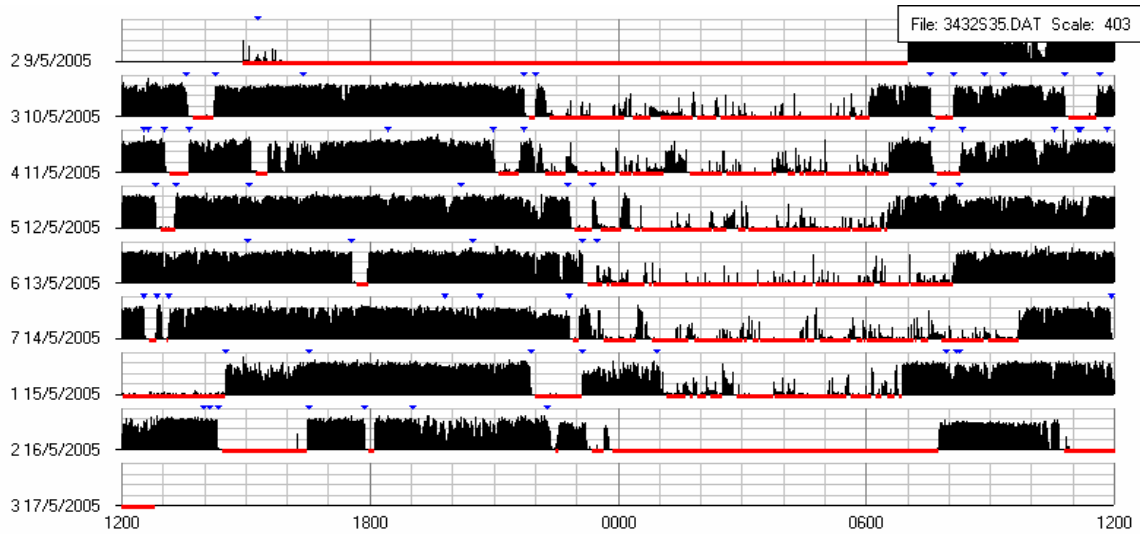
LEGENDA: NO EIXO X ESTÁ REPRESENTADO O TEMPO EM HORAS E NO Y OS DIAS DO USO DO ACTÍMETRO. O SONO ESTÁ SELECIONADO EM VERMELHO E OS EVENTOS AS PONTAS DE SETAS EM AZUL.

**FIGURA 32 - ACTOGRAMA DO SUJEITO 33**

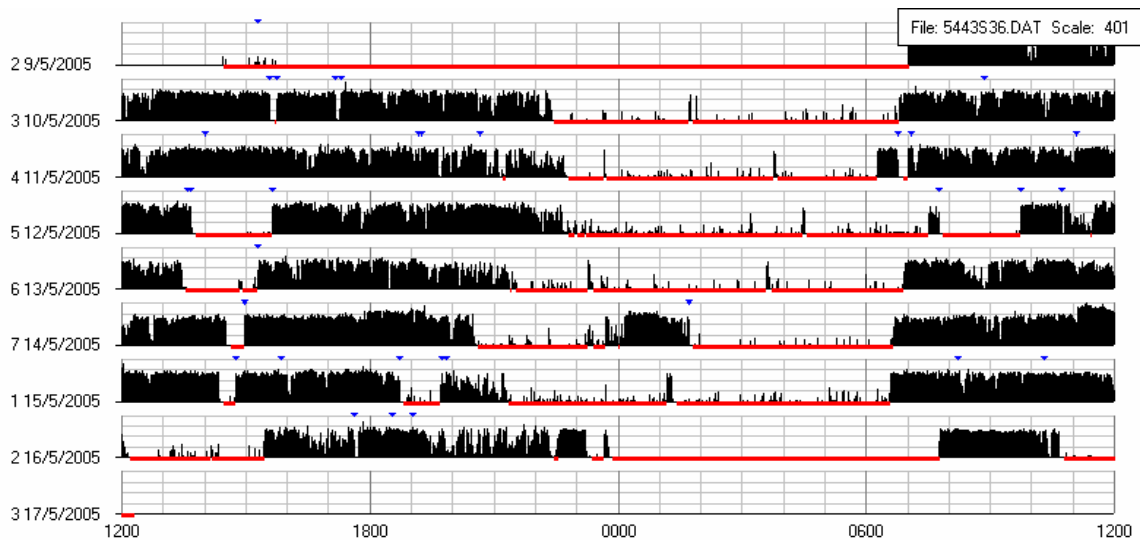
LEGENDA: NO EIXO X ESTÁ REPRESENTADO O TEMPO EM HORAS E NO Y OS DIAS DO USO DO ACTÍMETRO. O SONO ESTÁ SELECIONADO EM VERMELHO E OS EVENTOS AS PONTAS DE SETAS EM AZUL.

**FIGURA 33 - ACTOGRAMA DO SUJEITO 34**

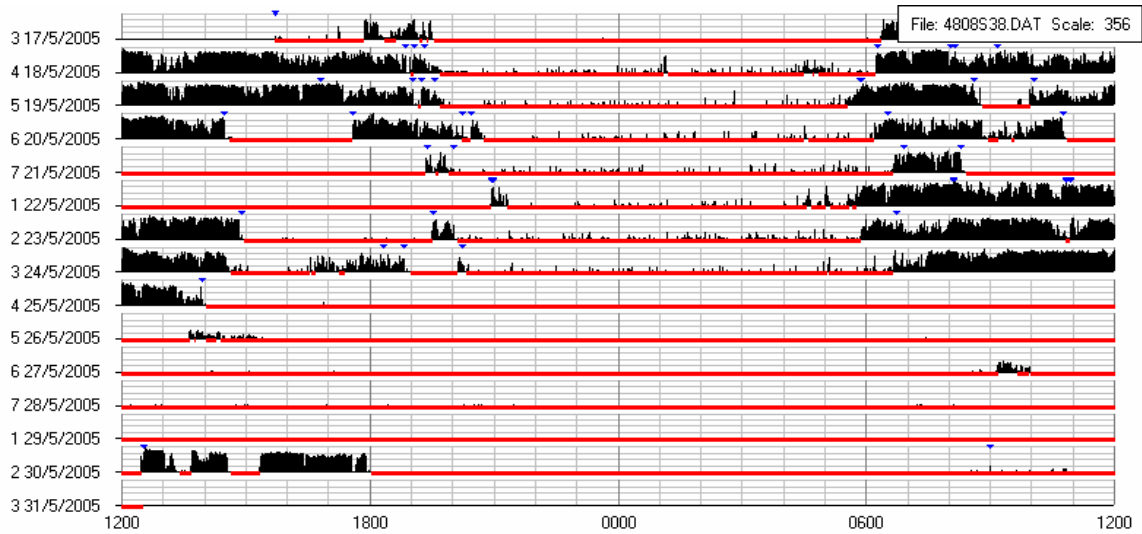
LEGENDA: NO EIXO X ESTÁ REPRESENTADO O TEMPO EM HORAS E NO Y OS DIAS DO USO DO ACTÍMETRO. O SONO ESTÁ SELECIONADO EM VERMELHO E OS EVENTOS AS PONTAS DE SETAS EM AZUL.

**FIGURA 34 - ACTOGRAMA DO SUJEITO 35**

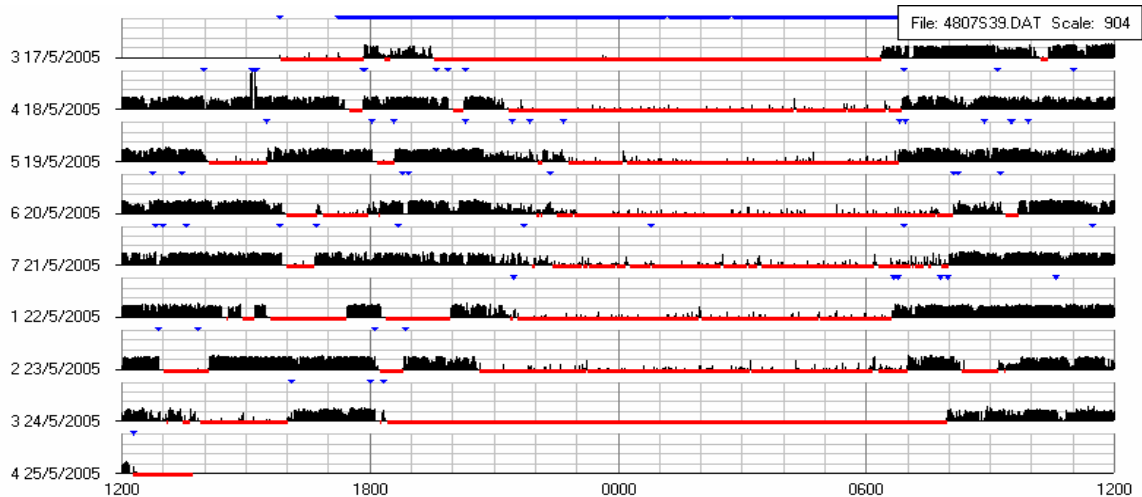
LEGENDA: NO EIXO X ESTÁ REPRESENTADO O TEMPO EM HORAS E NO Y OS DIAS DO USO DO ACTÍMETRO. O SONO ESTÁ SELECIONADO EM VERMELHO E OS DE EVENTOS AS PONTAS DE SETAS EM AZUL.

**FIGURA 35 - ACTOGRAMA DO SUJEITO 36**

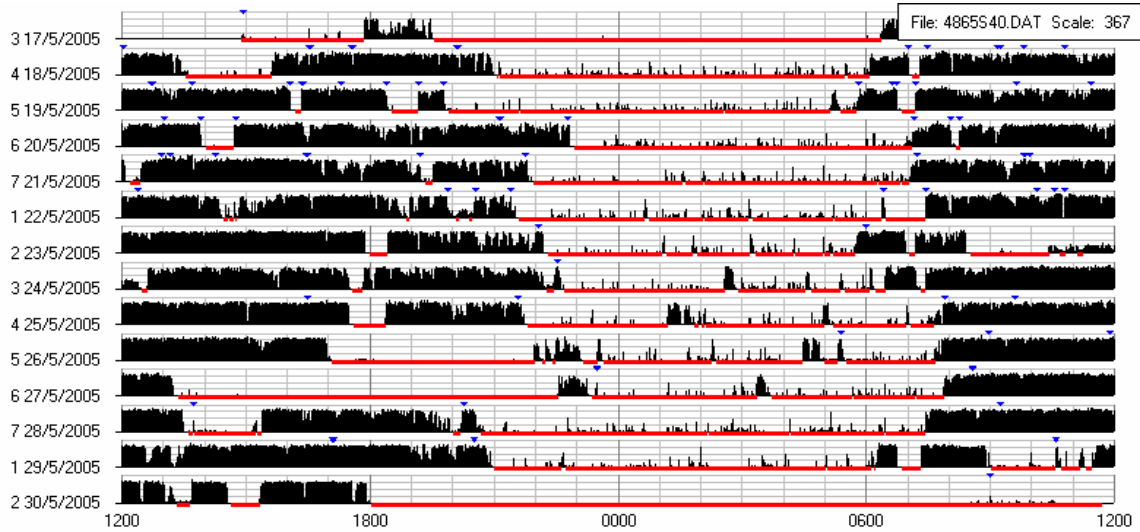
LEGENDA: NO EIXO X ESTÁ REPRESENTADO O TEMPO EM HORAS E NO Y OS DIAS DO USO DO ACTÍMETRO. O SONO ESTÁ SELECIONADO EM VERMELHO E OS EVENTOS AS PONTAS DE SETAS EM AZUL.

**FIGURA 36 - ACTOGRAMA DO SUJEITO 38**

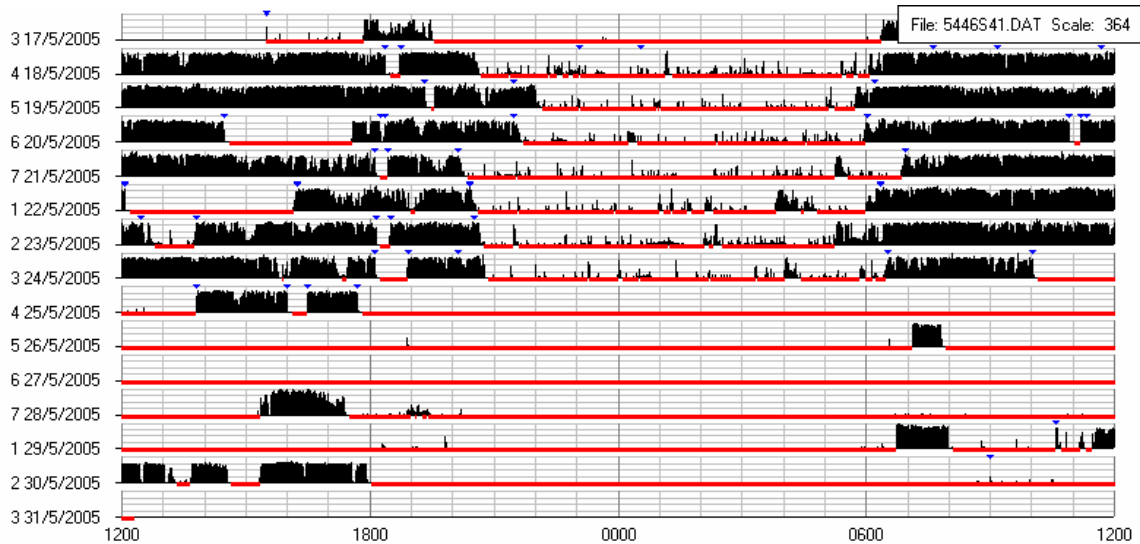
LEGENDA: NO EIXO X ESTÁ REPRESENTADO O TEMPO EM HORAS E NO Y OS DIAS DO USO DO ACTÍMETRO. O SONO ESTÁ SELECIONADO EM VERMELHO E OS EVENTOS AS PONTAS DE SETAS EM AZUL.

**FIGURA 37 - ACTOGRAMA DO SUJEITO 39**

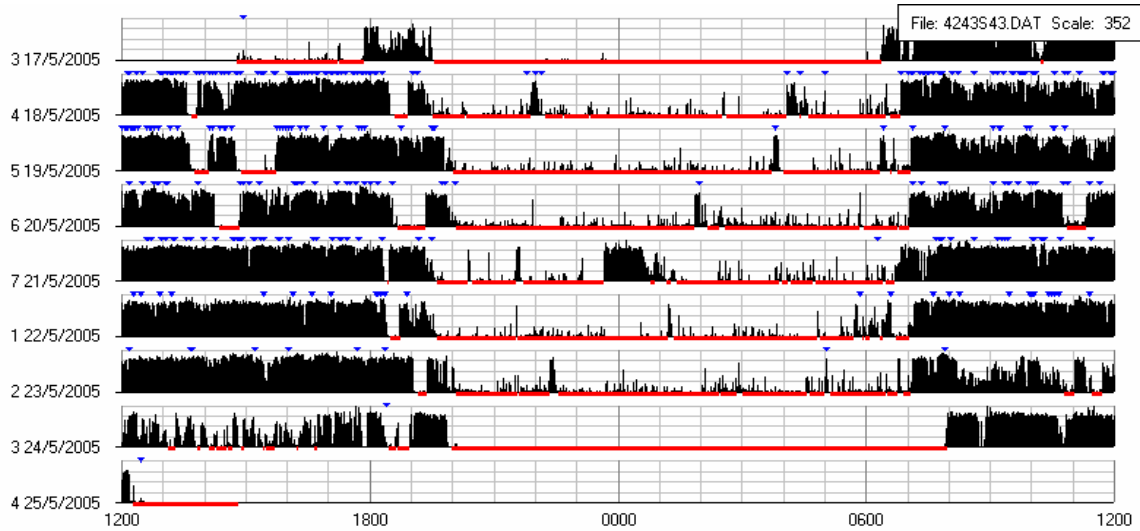
LEGENDA: NO EIXO X ESTÁ REPRESENTADO O TEMPO EM HORAS E NO Y OS DIAS DO USO DO ACTÍMETRO. O SONO ESTÁ SELECIONADO EM VERMELHO E OS EVENTOS AS PONTAS DE SETAS EM AZUL.

**FIGURA 38 - ACTOGRAMA DO SUJEITO 40**

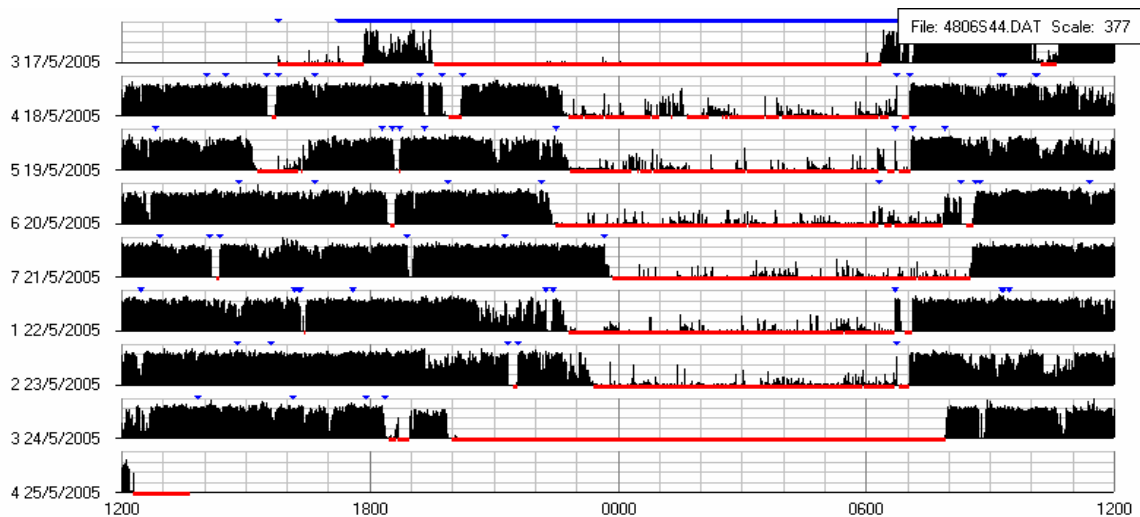
LEGENDA: NO EIXO X ESTÁ REPRESENTADO O TEMPO EM HORAS E NO Y OS DIAS DO USO DO ACTÍMETRO. O SONO ESTÁ SELECIONADO EM VERMELHO E OS EVENTOS AS PONTAS DE SETAS EM AZUL.

**FIGURA 39 - ACTOGRAMA DO SUJEITO 41**

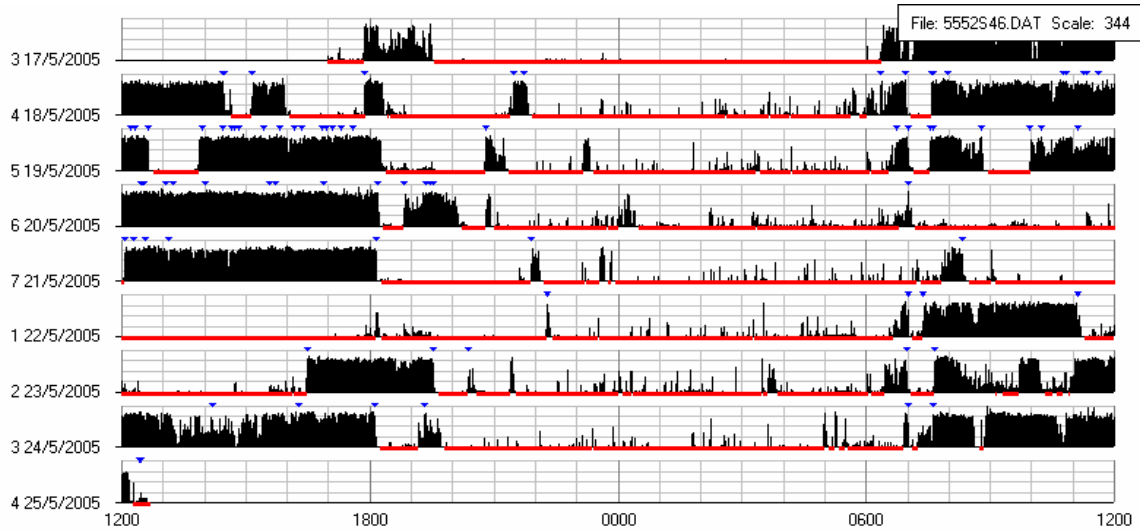
LEGENDA: NO EIXO X ESTÁ REPRESENTADO O TEMPO EM HORAS E NO Y OS DIAS DO USO DO ACTÍMETRO. O SONO ESTÁ SELECIONADO EM VERMELHO E OS EVENTOS AS PONTAS DE SETAS EM AZUL.

**FIGURA 40 - ACTOGRAMA DO SUJEITO 43**

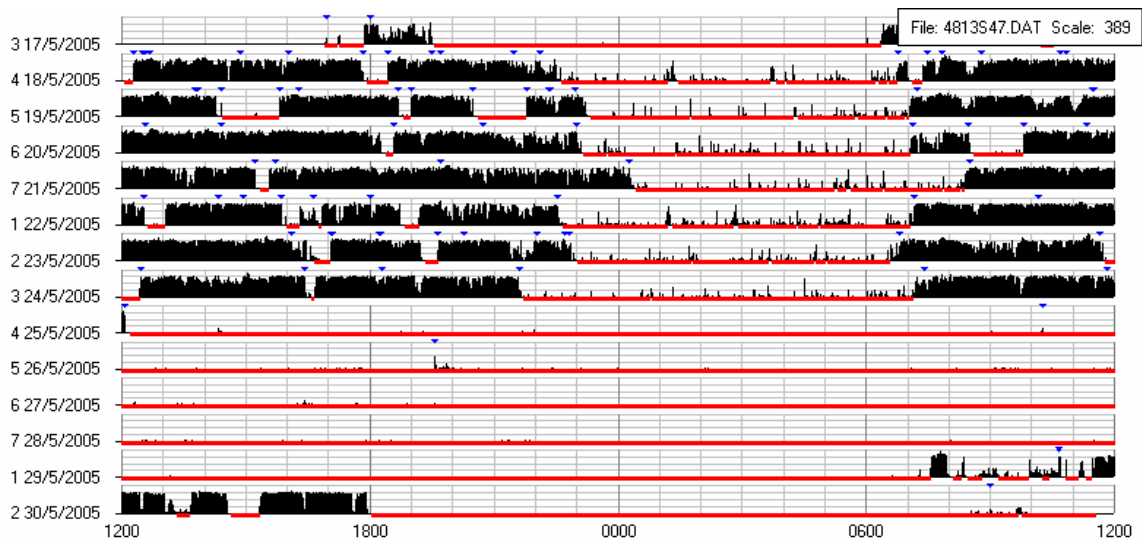
LEGENDA: NO EIXO X ESTÁ REPRESENTADO O TEMPO EM HORAS E NO Y OS DIAS DO USO DO ACTÍMETRO. O SONO ESTÁ SELECIONADO EM VERMELHO E OS EVENTOS AS PONTAS DE SETAS EM AZUL.

**FIGURA 41 - ACTOGRAMA DO SUJEITO 44**

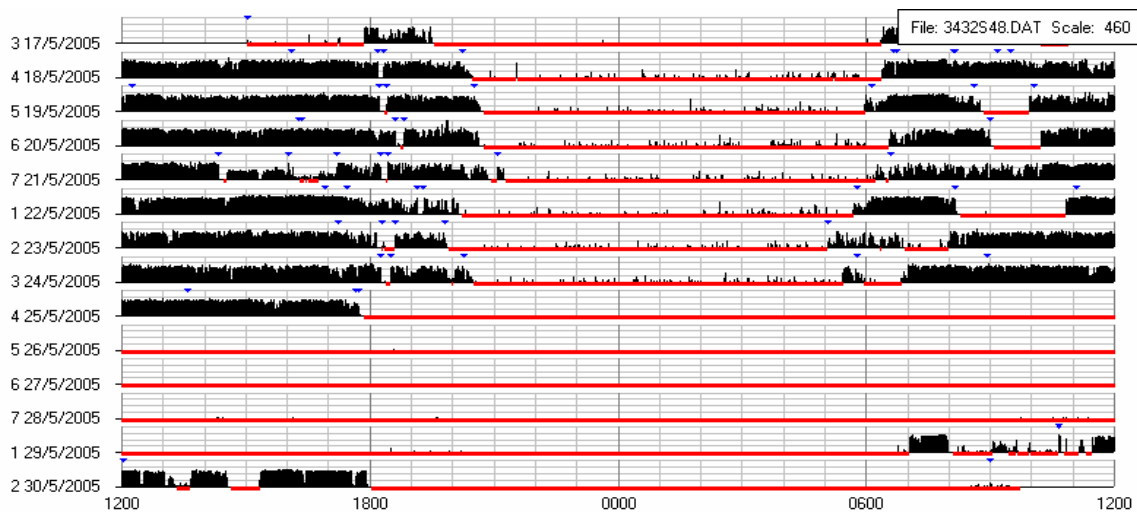
LEGENDA: NO EIXO X ESTÁ REPRESENTADO O TEMPO EM HORAS E NO Y OS DIAS DO USO DO ACTÍMETRO. O SONO ESTÁ SELECIONADO EM VERMELHO E OS DE EVENTOS AS PONTAS DE SETAS EM AZUL.

**FIGURA 42 - ACTOGRAMA DO SUJEITO 46**

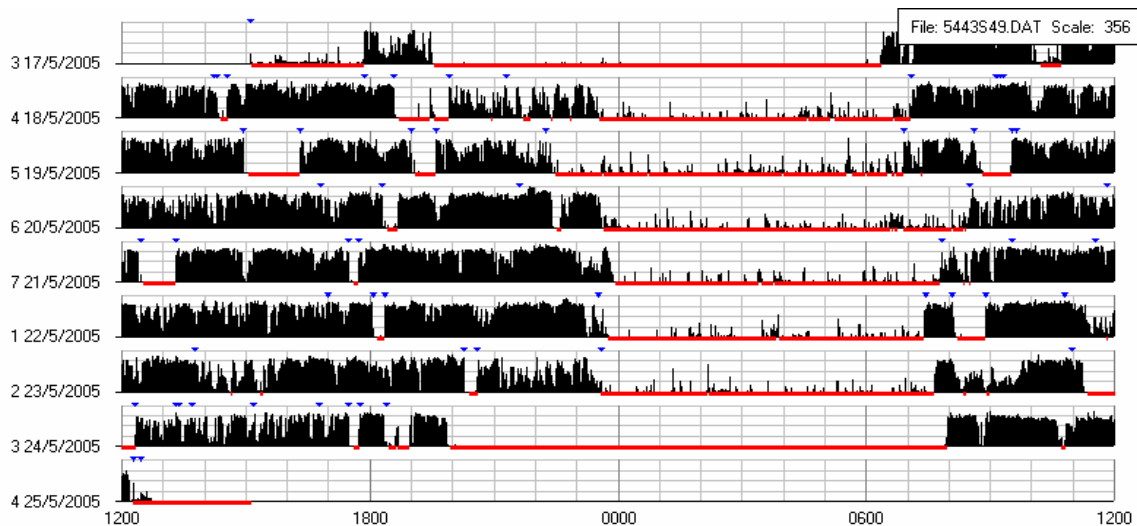
LEGENDA: NO EIXO X ESTÁ REPRESENTADO O TEMPO EM HORAS E NO Y OS DIAS DO USO DO ACTÍMETRO. O SONO ESTÁ SELECIONADO EM VERMELHO E OS EVENTOS AS PONTAS DE SETAS EM AZUL.

**FIGURA 43 - ACTOGRAMA DO SUJEITO 47**

LEGENDA: NO EIXO X ESTÁ REPRESENTADO O TEMPO EM HORAS E NO Y OS DIAS DO USO DO ACTÍMETRO. O SONO ESTÁ SELECIONADO EM VERMELHO E OS EVENTOS AS PONTAS DE SETA EM AZUL.

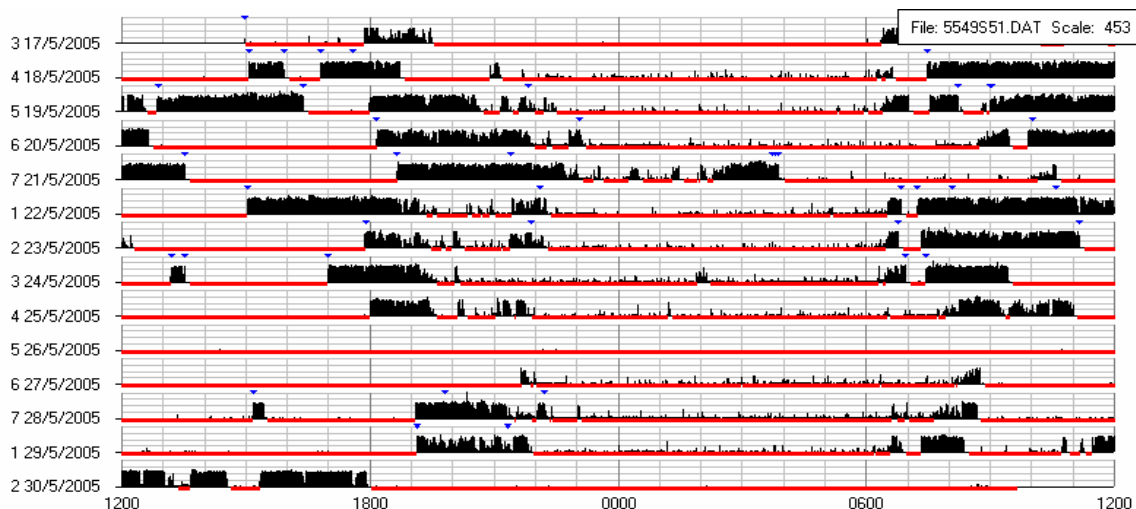
**FIGURA 44 - ACTOGRAMA DO SUJEITO 48**

LEGENDA: NO EIXO X ESTÁ REPRESENTADO O TEMPO EM HORAS E NO Y OS DIAS DO USO DO ACTÍMETRO. O SONO ESTÁ SELECIONADO EM VERMELHO E OS EVENTOS AS PONTAS DE SETA EM AZUL.

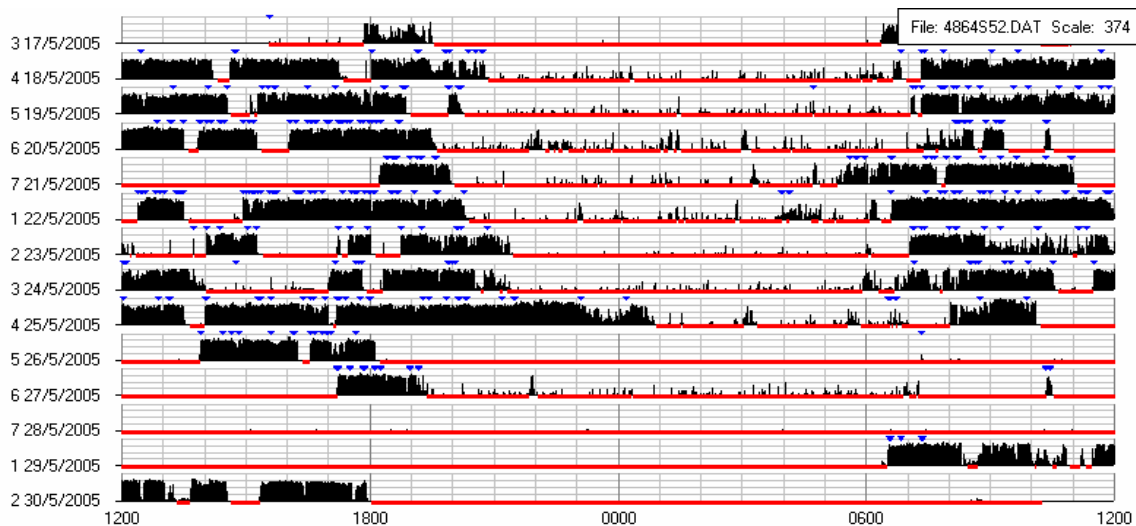
**FIGURA 45 - ACTOGRAMA DO SUJEITO 49**

LEGENDA: NO EIXO X ESTÁ REPRESENTADO O TEMPO EM HORAS E NO Y OS DIAS DO USO DO ACTÍMETRO. O SONO ESTÁ SELECIONADO EM VERMELHO E OS EVENTOS AS PONTAS DE SETA EM AZUL.



**FIGURA 46 - ACTOGRAMA DO SUJEITO 51**

LEGENDA: NO EIXO X ESTÁ REPRESENTADO O TEMPO EM HORAS E NO Y OS DIAS DO USO DO ACTÍMETRO. O SONO ESTÁ SELECIONADO EM VERMELHO E OS EVENTOS AS PONTAS DE SETA EM AZUL.

**FIGURA 47 - ACTOGRAMA DO SUJEITO 52**

LEGENDA: NO EIXO X ESTÁ REPRESENTADO O TEMPO EM HORAS E NO Y OS DIAS DO USO DO ACTÍMETRO. O SONO ESTÁ SELECIONADO EM VERMELHO E OS EVENTOS AS PONTAS DE SETA EM AZUL.